

Mikael Myllynen

# Selvitys nostimien sähköistyksen ongelmista

---

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

20.5.2013



Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Mikael Myllynen Selvitys nostimien sähköistyksen ongelmista 62 sivua + 2 liitettä 20.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	insinööri Kimmo Lehtinen lehtori Eero Kupila
<p>Tässä insinööriyössä on tutkittu Konecranes Oy:n nostimien sähköistyksen ongelmakohtia tuotannossa sekä kehitetty niiden ratkaisemiseksi parannusehdotuksia. Työssä on seurattu sekä sähköosastolla tehtävää nostimien sähkötaulukojen valmistusta että nostinlinjalla tapahtuvaa nostimien loppukokoonpanon asentamista. Perimmäinen tavoite oli saada nostintuotantoa nykytilanteeseen nähden sujuvammaksi ja virheettömäksi ja muuttaa joitakin toimintatapoja tehokkaammiksi.</p> <p>Alussa on esitelty erityyppiset nostimet. Mekaniikkaan on tutustuttu lyhyesti, koska monet ongelmat liittyvät suorasti tai epäsuorasti mekaaniseen puoleen. Tämän jälkeen on esitetty miten nostimen sähköistys on toteutettu kokonaisuutena, ja mikä on eri komponenttien tarkoitus nosturin toiminnan kannalta. Myös valmistusprosessia ja nykyisiä toimintatapoja on esitelty.</p> <p>Keskiosassa on paneuduttu tuotannossa löytyneisiin sähköistämiseen liittyviin ongelmiin, joita esiintyy niin itse sähkötaulukojen teossa kuin niiden asentamisessa nostinlinjalla. Myös nostimen koeajoon liittyviin ongelmiin sekä asentajien edellytyksiin vikojen korjaamiseen on puututtu tarkemmin. Ongelmiin reagoitua ja niiden korjauksen toteutusta on selostettu laadunvalvonnan ja käytännön korjausmenetelmien kautta.</p> <p>Työn lopputulokseksi on saatu koottua suurimmat tuotantoa haittaavat ongelmat liittyen nostimien sähköistykseen. Näiden ongelmien esilletuonnin lisäksi on ratkaisuja niihin pyritty kehittämään, ja vaihtoehtoja nykyisiin toimintamalleihin antamaan siinä määrin kuin on mahdollista.</p>	
Avainsanat	nostin, nosturi, taulu, sähköistys, ongelma, tuotanto

Author Title	Mikael Myllynen Report on Problems Concerning Hoist Electrification
Number of Pages Date	62 pages + 2 appendices 20 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Kimmo Lehtinen, Electric Engineer Eero Kupila, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to find out what are the main problems that occur in hoist electrification at Konecranes Oy hoist production line, and try to find solutions to solve these problems. The study was carried out by following hoist production in production line, as well as hoist panel manufacturing in the electrical department. The main goal from all of this was to get production more fluent and efficient.</p> <p>Different kinds of crane and hoist types are first presented, and the mechanical side of these is briefly viewed because many of the problems are more or less related to that. It is also presented how cranes electrical system is carried out at the moment, and what is the purpose of the main components.</p> <p>Different kinds of problems what were found at hoist production line, as well as hoist panel manufacturing in electrical department are described in the middle part of this thesis. It is also observed what kinds of problems are related to hoist test driving, and what are capabilities of hoist mechanics in hoist line to solve and repair those and other types of problems that are found out during hoist assembly.</p> <p>As result of this thesis, the main problems at hoist electrification in production are presented. Also, some solutions are suggested to solve and avoid these problems in future.</p>	
Keywords	hoist, panel, electrification, problem, production

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Konecranes Oy	2
2.1	Yrityksen esittely	2
2.2	Hämeenlinnan tehdas	6
2.2.1	Nostinlinja HH1	6
2.2.2	Nostinlinja HH2	6
2.2.3	Sähköosasto HH6	7
3	Nostimien sähköistys kokonaisuutena	9
3.1	CXT®-köysinostimien yleisesittely	9
3.1.1	Matalavaunulliset nostimet (L)	10
3.1.2	Ylävaunulliset nostimet (N)	11
3.1.3	Kaksipalkkinostimet	13
3.2	Nostimen sähköiset komponentit	14
3.2.1	Nostomoottorit	14
3.2.2	Siirtomoottorit	16
3.2.3	Ylikuormasuojat	16
3.2.4	Rajakytkimet	16
3.3	Nostimien sähkötaulu	17
3.4	Sähkötaulun pääkomponentit	19
3.4.1	Noston ohjauksen kontaktorit	19
3.4.2	Taajuusmuuttajat	19
3.4.3	CID-kunnonvalvontayksikkö ja Remote Services	20
3.5	Sähkötaulun ja nostimen välinen kaapelointi	21
3.5.1	Moottorin kurkkuletku	21
3.5.2	Sähkötaulujen väliset johdotukset	22

3.5.3	Siirtomoottorin kaapelointi	23
3.5.4	Muu ulkopuolinen kaapelointi	23
3.6	Nostinlinjalla tehtävä sähköistäminen	23
3.7	Nostimen koeajo	25
3.8	Nosturin sillankaapit	25
3.9	EDGE-projekti	26
4	Selvitys nostimien sähköistyksen ongelmista	27
4.1	Oma työskentelyni taulusolussa ja nostinlinjalla	28
4.1.1	Työskentely taulusolussa	28
4.1.2	Työskentely nostinlinjalla	29
4.2	Lisätiedon hankinta	30
4.3	Laadunvalvonta	30
4.3.1	Laatustandardit	31
4.3.2	FAT eli lopputuotteen hyväksymistarkastus	31
4.4	Ongelmienlaatu	32
4.5	Ongelman kohdatessa	34
4.5.1	Korjausvastaava	35
4.5.2	Nostinlinjan HH1 asentajien edellytykset korjaustoimenpiteisiin	35
5	Havaittuja ongelmia ja puutteita nostimen sähköistyksessä	37
5.1	Puutteet ja ongelmat taulusolussa	37
5.1.1	Moottorinletkun vanhentunut johdinsarja	37
5.1.2	Rajojen valmistus ja saatavuus	38
5.1.3	Tilan puute taulussa	38
5.1.4	Erikoistyöt	38
5.1.5	Mitoitustaulukon epäselvyydet	39
5.1.6	Läpivientien puutteellinen ohjeistus	40
5.1.7	Nostimen mekaanisten tietojen ja kuvien puuttuminen	41
5.1.8	Tilausten muutosten ilmoittaminen suunnittelulle	42
5.2	Nostinlinjan ongelmakohdat	42

5.2.1	Nostomoottorin kurkkuletku	42
5.2.2	Vaununsiirron rajakytkimen ja moottoreiden kaapelien pituus	44
5.2.3	Sähkökomponenttien saatavuus nostinlinjalla	46
5.2.4	Nostimen koeajamisen ongelmat	47
5.2.5	CID:n ja taajuusmuuttajien parametointi	48
6	Ratkaisuja ongelmiin	49
6.1	Taulusolun asentajien tutustuttaminen loppukokoonpanoon	49
6.2	HH1:n nostinlinjan asentajien sähkökoulutus	49
6.2.1	Tuotannolle HH1 järjestetty sähkökoulutus	49
6.2.2	Lisäkoulutus mahdollisuudet	50
6.3	Joidenkin nostinlinjan asentajien koulutus avustajiksi	51
6.3.1	Nostinlinjan avustajat sähköosastolta	52
6.3.2	Sähkötaulujen korjaus sisäisesti nostinlinjalla	53
6.4	Ongelmien kirjauksen täsmällisyys laadunvalvontaa varten	53
6.5	Moottorinletkun mitoittaminen ja asentaminen HH1:ssä	54
6.6	CID:n ja taajuusmuuttajien parametointi	55
6.7	Suunnittelu tavoitettavaksi myös iltavuorossa	55
6.8	Tarjonnan yksinkertaistaminen ongelmien vähentämiseksi	56
6.9	Koteloiden koon vakiointi	56
6.10	Alihankkijoiden ohjeistus	56
6.11	Yksittäiset parannusehdotukset sähköistykseen	57
6.11.1	Siirronrajakytkimen kaapelin mitoituksen tarpeellisuus	58
6.11.2	Taulujen välisten johtimien merkintä ja holkittaminen	59
6.11.3	QA ja QB matalavaunujen torvien ja valokennojen irrotus	59
7	Yhteenveto	60
	Lähteet	62
	Liitteet	
	Liite 1. Taulusolun solupalaverin pöytäkirja	

## 1 Johdanto

Tässä insinöörityössä kartoitetaan nykytilannetta Konecranes Oy:n Hämeenlinnan nostintehtailla tapahtuvasta nostimien sähköistyksen korjaamisesta. Nykyään nostinlinjalla nostimeen asennettavissa sähkötauluissa on virheitä, joita sähköosasto joutuu korjaamaan. Tämän lisäksi myös muita epäselvyyksiä sähköistyksessä on paljon, ja sähköosastolta onkin jatkuvasti henkilöstöä ohjeistamassa nostinlinjastoa. Tämä kuormittaa ylimääräisesti sähköosastoa ja hidastaa tuotantoa.

Insinöörityön tavoite on saada kartoitettua mitkä ovat nämä suurimmat ongelmat sähköistyksessä nostinlinjalla ja mistä ne johtuvat, sekä kehittää näihin löydettyihin ongelmiin ratkaisuja. Perimmäinen tavoite tällä on saada tuotantoa tehokkaammaksi. Selvityksessä tutkitaan sekä nostinlinjoilla esiintyviä ongelmia että itse nostimen sähkötaulun valmistuksessa esiintyviä ongelmia. Tämän lisäksi nykyisiä korjausmenetelmiä sekä nostinlinjan asentajien sähköistyksen osaamista tutkitaan.

Nostimien kojekaappien eli sähkötaulujen valmistuksessa tarkkaillaan lähinnä ohjeistusta ja saatavilla olevaa informaatiota töistä. Sähkötaulujen tekijät ovat työtä tehdessään ohjeistuksen sekä saatujen nostin tietojen varassa, koska itse nostin voi olla mekaaniselta osaltaan sähkötaulua tehdessä mahdollisesti vasta suunnitteluvaiheessa. Nostinlinjalta taas yritetään löytää ongelmia että niiden aiheuttajia, sekä parempia toimintamalleja niiden selvittämiseen.

Työssä hyödynnetään sekä omaa työskentelykokemusta että aikaisemmin aiheesta kerättyä tietoa. Lisäksi asentajia ja muuta henkilöstöä on haastateltu työtä varten. Näin saadaan selvitettyä, mitkä ovat suurimmat ongelmakohdat sähköistyksessä tuotannossa, ja miten niitä nykyään korjataan. Tarkoituksena on myös löytää vastauksia joilla ongelmia voisi jatkossa välttää, ja löytää paremmat korjausmenettelyt esiintyviin ongelmiin.

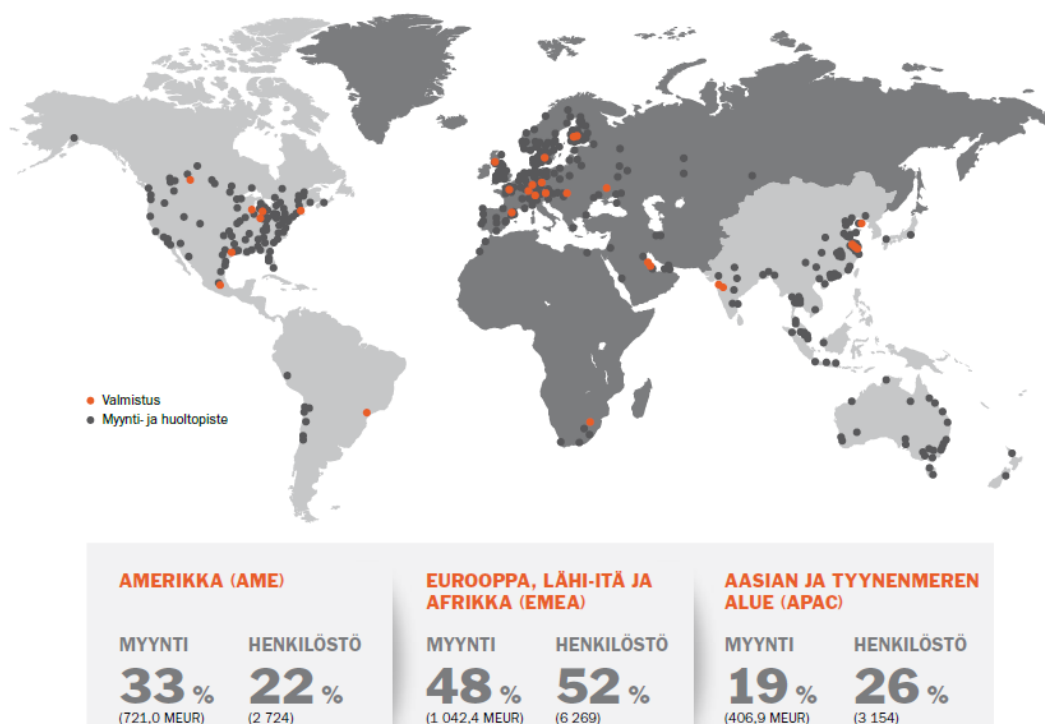
## 2 Konecranes Oy

### 2.1 Yrityksen esittely

Konecranes on yksi maailman johtavista nostolaitevalmistajista, joka toimittaa tuottavuutta lisääviä nostoratkaisuja ja palveluita valmistus- ja prosessiteollisuudelle, laivanrakennusteollisuudelle, satamille ja voimalaitoksille. (Vuosikertomus 2011: 2.)

Vuonna 2012 Konecranesilla oli 12 147 työntekijää, tuotantolaitoksia 16 eri massa, sekä myynti- ja huoltopisteitä 47 maassa. (Vuosikertomus 2012: 2.)

Liikevaihto vuonna 2012 oli 2 170 miljoonaa euroa. Konecranes on kansainvälinen yritys. Kuvassa 1 havainnollistetaan toiminnan jakautumista eri puolille maailmaa:



Kuva 1. Konecranesin toiminnan jakautuminen kansainvälisesti (Vuosikertomus 2012: 19)

Konecranesilla on oman brändin lisäksi myös muita tuotemerkkejä. Konecranesin brändin alaiset tuotteet myydään suoraan loppukäyttäjälle, ja muilla tuotemerkeillä valmistetut jakelijoille.



Tuotemerkit, joilla Konecranes valmistaa tuotteita omansa lisäksi ovat

- STAHL CraneSystems
- SWF
- Verlinde
- R&M
- Sanma Hoists & Cranes.

Konecranesin brändin alaiset tuotteet valmistetaan alusta loppuun Konecranesilla, ja esimerkiksi SWF-brändillä tehty nostin voidaan asentaa Suomessa Satateräksen toimesta, sen toimittaessa ja asentaessa nosturin rungon.

Konecranes käyttää sähkökomponenttien valmistuksessa paljon alihankkijoita ja sopimusvalmistajia. Suurin osa alihankkijoiden toimittamista komponenteista on standardituotteita, mutta osa on myös erikoistöitä, joita Hämeenlinnan tehtaalla tehtävät työt ovat lähes täysin.

Suurimmat alihankkijat ja sopimusvalmistajat ovat

- Konesko Ltd
- Milectria
- M3 Logistics.

Osa tuotteista myös jatkojalostetaan Hämeenlinnassa ennen lopullista asennuspistettä, ja jotkin peruskomponentit, esimerkiksi taajuusmuuttajat, ovat valmiiksi räätälöity tai modifioitu Konecranesin tarpeisiin sopiviksi ennen saapumista tehtaalle. Tuotteita teetetään myös Konecranesin Hyvinkään tehtailla Hämeenlinnan tuotantoa varten.

Myös huolto- ja kunnossapito on iso osa Konecranesin toimintaa, ja se on noin 40 % koko liikevaihdosta. Huoltosopimuksia on nykyään noin 418 000 laitteesta. Neljännes laitteista on Konecranesin valmistamia. (Vuosikertomus 2012: 3.)

Konecranes valmistaa paljon erilaisia teollisuuteen tarkoitettuja nostolaitteita, mutta pääjako tapahtuu neljään eri ryhmään: kevytnostolaitteet, teollisuusnosturit, sata-manosturit ja trukit. Nostokapasiteetit näissä ovat tyypistä riippuen yhdellä vaunulla 60 - 250 000 kiloa. (Vuosikertomus 2012: 23-25.)

Koska tässä työssä tarkastellaan vain Hämeenlinnassa valmistettavia CXT-nostimia, on työn kannalta tarpeen esitellä vain teollisuusnosturit, joihin kyseinen nostintyyppi kuuluu.

Nostimella tarkoitetaan nosturissa sijaitsevaa tai sijaitsevia nostinkojeistokokonaisuuksia. Sähkökäyttöiset Konecranesin valmistamat nostimet teollisuusnostureihin ovat

- CXT-köysinostin
- XN-ketjunostin
- XB-hihnanostin
- avoimenvinssin Smarton®-nostin.

Teollisuusnosturit sen sijaan koostuvat

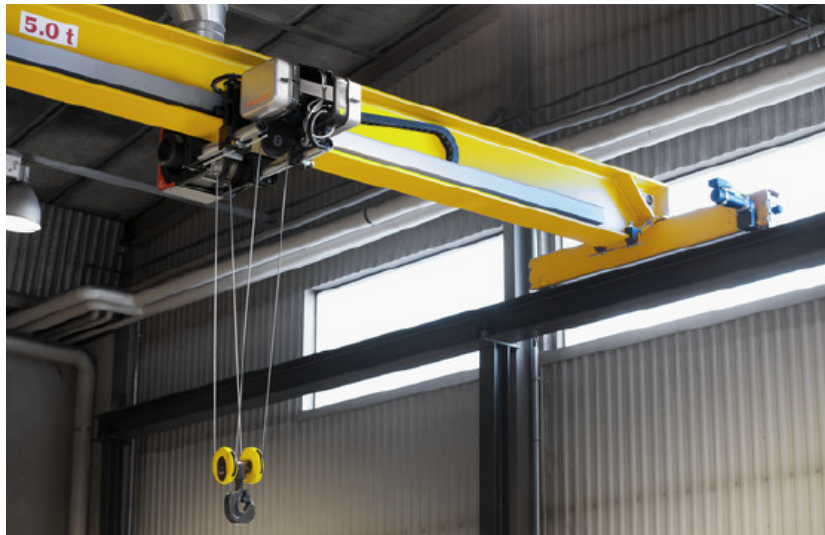
- siltanostureista
- pukkinostureista
- seinäkonsolinostureista.

Kuvassa 2 esitetään pukkinosturi, jossa pääkannattaja, eli palkki jolla nostin kulkee, sijaitsee kiinteiden jalkojen päällä.



Kuva 2. Pukkinosturi (Kustomointia vaativien teollisuusnostureiden toimitusprosessi 2012: 5)

Siltanosturissa on yksi tai kaksi pääkannattajaa, jotka muodostavat nostimelle radan jossa liikkua. Nimi siltanosturi tulee siitä, että palkit kulkevat sen päätyihin kohtisuoraan (usein seinään) kiinnitetyn nostinradan päällä. Kuvassa 3 on siltanosturi, josta nähdään kuinka nostin sijoittuu palkille ja miten palkki vastaavasti nostinradalle.



Kuva 3. Siltanosturi (Kustomointia vaativien teollisuusnostureiden toimitusprosessi 2012: 4)

Seinäkonsulinosturi on muuten vastaava kuten siltanosturi, mutta pääkannattajaa ei ole kiinnitetty kuin toisesta päästä.

## 2.2 Hämeenlinnan tehdas

Konecranesin Hämeenlinnan nostintuotanto on jakautunut kahteen eri linjastoon nostintehtaiden HH1 ja HH2 kesken. Molemmissa valmistetaan QXT®-köysinostimia. Sähköosasto on myös jakautunut tehtaiden kesken kahdeksi osaksi. Tehdasalueeseen kuuluu näiden lisäksi myös vaihdetehdas KHT.

### 2.2.1 Nostinlinja HH1

Nostinlinjalla HH1 on käytössä erillinen alkukokoonpano, jossa vaunun päärunko kootaan, köysitetään köysirumpu, kytketään nostomoottori kiinni köysirumpuun sekä kasaataan lavalle loppukokoonpanoa varten tarvittavat komponentit, lukuun ottamatta sähkötauluja, joitakin rajakytkimiä sekä nostimen tyypistä riippuen siirtomoottoreita. Myös nostomoottorien työstö nostinta varten sekä testaus sisältyvät alkukokoonpanoon.

Nostimen tyypistä riippuu mitä vaunuun kytketään alkukokoonpanossa ja mitä loppukokoonpanossa. Loppukokoonpanossa tehtäviin asennuksiin kuuluvat nostinkoneiston asennus vaunuun, sähkötaulujen ja vastapainojen asennus, siirtomoottorit asennus ja nostokoukun kiinnitys nostoköyteen. Sähkötaulut tulevat kytkentävalmiina loppukokoonpanoon sähköosastolta tai alihankkijoilta, ja taulun ja nostimen väliset kytkennän tehdään loppukokoonpanossa. Kaikki nostimet myös koeajetaan ja säädetään linjalla.

### 2.2.2 Nostinlinja HH2

Nostinlinjalla HH2 valmistetaan suurirunkoiset nostimet. Nostimissa on enemmän vaihtelevuutta kokonsa suhteen, mutta ne ovat pääpiirteittäin samanlaisia kuin pienempirunkoiset CXT-nostimet. Suurin ero nostinlinjojen välillä on toimintatavoissa kokoonpanossa. Linja on jakautunut myös alku- ja loppukokoonpanoon, mutta näiden lisäksi on erillinen sähköistysosio. Siellä sähköasentajat toteuttavat nostimen sähköistyksen, koska vaikka he käyttävät muualla valmistettua sähkötaulua, siitä puuttuu mitoituksen haasteellisuuden takia valmis kaapelointi, joka tehdään siellä ns. metritavarasta. Suuri koko tekee nostimista suuritöisempiä, ja valmistusvolyymi onkin huomattavasti pienempi kuin HH1:n linjalla edellä mainituiden syiden takia.

### 2.2.3 Sähköosasto HH6

Sähköosasto HH6 on jakautunut hallien HH1 ja HH2 kesken eri osiin, ns. soluihin, seuraavasti:

- invertterisolu (HH1)
- taulusolu (HH1)
- kaappisolu (HH1)
- radiosolu (HH1)
- virransyöttösolu (HH2)
- C-testaussolu (HH2).

Lisäksi hallissa HH1 sijaitsee testaussolu, jossa testataan sillankaapit ja taulut sekä muuta pienempää tuotantoa esimerkiksi testilaitteistojen tekoa. Molemmissa halleissa on myös toimistot ja työnjohdon toimitilat.

Virransyöttösolussa valmistetaan nimensä mukaisesti nosturin virransyöttö. Tämän toteuttamiseen käytetään kahta eri tekniikkaa:

1. *Laattakaapeli/kiskojärjestelmä* jossa laattakaapelit kulkevat vaunuilla ns. C-kiskoilla, jotka on kiinnitetty sillan viereen. Myös nostimen ohjaus, jos se on toteutettu painikkeella, kulkee tämän avulla nostimen mukana.
2. *Energiaketju*, jossa pyörökaapeli kulkee kourussa, joka elää nostimen pituuden mukaan. Menetelmä vaatii aina radion ohjaukseen, koska langallista ohjainta ei voida käyttää.

C-testissä eli C-prosessin testauksessa kaikki nosturin komponentin kootaan yhdeksi valmiiksi nosturiksi ja koeajetaan. Tarkoituksena on tarkastaa erikoisten tuotteiden tai tuotekokonaisuuksien tarkoituksen mukaisuus ylimääräisellä testillä. Näin varmistetaan nosturin komponentit toimivat kokonaisuutena, ja viimeisetkin puutteet ja virheet

löytyvät, jotka ovat päässeet läpi nostimen tai sähköistyksen omista testipaikoista. Nostureille voidaan tehdä myös kalibrointia, joka olisi komponenttien omilla testipaikoilla mahdollista.

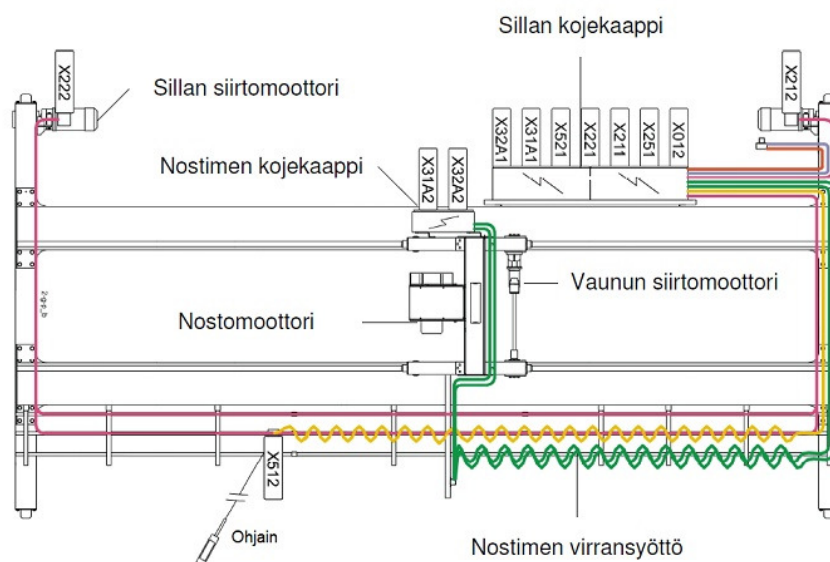
Testin tarpeellisuus katsotaan tapauskohtaisesti. Työ on lajiteltu C-prosessin luokkaan jos se on vaatinut erityistä sovellussuunnittelua. Jos se tämän lisäksi sisältää tiettyjä ominaisuuksia, kuten erikoisia taajuusmuuttajia sovelluksia tai useamman kuin kaksi nostinta, sille suoritetaan C-testi. (C-prosessin testaus 2013: 1.)

Pyrkimys on, että komponenttien omista testipaikoista ei virheitä pääsisi läpi, ja siten C-testipaikalla ei tulisi enää havaita virheitä tuotteiden ollessa siinä kunnossa, kuin ne lähtisivät normaalitilanteessa eteenpäin asiakkaalle.

### 3 Nostimien sähköistys kokonaisuutena

Nosturin sähköistys koostuu kolmesta pääosasta: sillankaapista, nostimen sähkötaulusta sekä nostimenkomponenteista. Lisäksi tähän järjestelmään kuuluu virransyöttö ja ohjaus joko painikkeella tai radiolla. On syytä huomata, että nosturilla tarkoitetaan nimensä mukaisesti koko nosturi kokonaisuutta, ja nostin on vain yksi osa siitä.

Nostimen sähköistyksen kannalta on oleellista tarkastella lähinnä sähkötauluja ja nostimen komponentteja, koska sillankaappi on siltaan kiinnitettynä irti nostimesta. Kaikkien ja nostimen väliset kytkennät tehdään kuitenkin taulun kautta.



Kuva 4. Nosturin sähköistys (Sähkökoulutus tuotannolle HH1 2013)

Kuvassa 4 on esitelty mitä eri pääkomponentteja nosturissa tarvitaan ja miten ne sijoituvat nosturissa. X-alkuiset merkinnät ovat pistokkeiden tunnuksia.

#### 3.1 CXT®-köysinostimien yleisesittely

CXT-köysinostimia valmistetaan sekä Hämeenlinnassa (KHF), Kiinassa Shanghaissa (KHS) sekä Yhdysvalloissa Ohion Springfieldissä (KHA). Hämeenlinnassa kaikki valmistettavat nostimet ovat CXT-köysinostimia. Kaikki nostimet ovat myös

sähkökäyttöisiä, ja nimensä mukaisesti ne käyttävät nostoköyttä sähkömoottorin tuottaman vääntömomentin muuttamiseksi köysirummun kautta nostavaksi liikkeeksi.

CXT-sarjan nostimet jakautuvat kolmeen pääryhmään: matalavaunullisiin, normaali- eli ylävaunullisiin sekä kaksipalkkinostimiin.

Nostimet on kategorioitu nostokapasiteettinsa mukaan eri runkokoon ilmoittaviin luokkiin. Seuraavana esitetään nämä luokat maksiminostokapasiteetteineen

- QA (3 200 kg)
- QB (6 300 kg)
- QC (12 500 kg)
- QD (20 000 kg)
- QE (100 000 kg).

Nostimen vaunulla tarkoitetaan nostimen runkoa, mihin nostinkoneisto ja muut komponentit asennetaan. Nostimia voi olla yhdessä vaunussa useampikin. Nostimet voivat olla samanlaisia, tai yksi voi toimia ns. päänostimena ja toinen apunostimena. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi toisen nostimen nopeammalla nostonopeudella.

Jokainen nostin jakautuu vielä vaunutyyppin mukaan eri luokkiin, joita merkitään eri kirjaimin. Myös köydentela on jaettu pituuden mukaan kirjaimilla merkittyihin luokkiin, joka köysityksen tyyppin ja lukumäärän kanssa vaikuttaa myös sähköistykseen kaapeloinnin mitoituksen kautta.

### 3.1.1 Matalavaunulliset nostimet (L)

Matalavaunullisessa nostimessa pääidea on saada nostin sijoittumaan mahdollisimman matalalle, jolloin radan yläpuolelle ei tarvitsisi varata paljoa tilaa, ja nosturi voidaan sijoittaa mahdollisimman ylös rakennukseen maksimoiden nostokorkeus. Niin matalavaunullinen kuin ylävaunullinen nostin kulkevat yhdellä pääkannattajalla.



Matalavaunulliset nostimet jaetaan vaunu tyypiltään luokkaan L. Kuvassa 5 esitetään tällainen matalavaunu.



Kuva 5. Matalavaunu (Standard Crane Production Range 2010: 7)

### 3.1.2 Ylävaunulliset nostimet (N)

Ylävaunulla tarkoitetaan nostimenrakennetta, jossa nostimenvaunu sijaitsee muun nostin koneiston yläpuolella. Tämä on rakenteena yksinkertaisempi ja edullisempi ratkaisu. Mallilla päästään aina 40 tonnin nostokapasiteettiin asti. Ylävaunu on nostimen perusmalli vaunutyyppinä.

Ylävaunua tehdään myös kaarevarataisena, jossa vaunut liikkuvat radan mukana. Kuvassa 6 (ks. seur. s) näkyy ylävaunu.



Kuva 6. Ylävaunu (Standard Crane Production Range 2010: 8)

Sekä matala- että ylävaunua kutsutaan yksipalkkinostimeksi, koska se vaatii vain yhden pääkannattajan radakseen.

Kuvasta 7 selviää yksipalkki nosturin rakenne.



Kuva 7. Yksipalkkinosturi (Sähkökoulutus tuotannolle HH1 2013)

### 3.1.3 Kaksipalkkinostimet

Kaksipalkkinostimet kulkevat kahden palkin päällä, nostokoneiston jäädessä palkkien väliin. Tähän malliin rakennetut nostimet voivat olla nostokapasiteetiltaan 100 tonnia. Suuremman nostokapasiteetin lisäksi voidaan tilaa hyödyntää käyttämällä lyhyempää telaa, jolloin epäkeskiönostollisen nostimen (tyypillinen nostin) ongelma eli nostoköyden vaeltelu pienenee. Samaa ongelmaa välttämällä voidaan nostin rakentaa käyttäen keskiönostoa, jossa kela purkautuu keskeltä molempia päitä kohti nostettavan kuorman pysyessä paikoillaan koko nostomatkan ajan. Suurempi tela mahdollistaa myös suuremman nostokorkeuden. Tilaa hyödynnetään myös isommalla sähkökaapilla, ja useamman nostimen asentaminen vaunulle on mahdollista. Suurimmat nostimet ovat yleensä kaksipalkkinostimia.



Kuva 8. Kaksipalkkinostin (Standard Crane Production Range 2010: 9)

Kuvassa 8 näkynyttä kaksipalkkinostinta tehdään useilla eri vaunutyypeillä. Perusmalli on kuvassa näkyvä malli, josta käytetään tunnusta M, mutta saatavilla on myös mallia, jossa poikkipalkki ja siten nostinkoneisto ovat normaalia korkeammalla, sekä mallia jossa palkki on päinvastoin matalalla. Korkealle sijoitettua kutsutaan H-vaunuksi ja matalalle sijoitettua W-vaunuksi.

Kuvasta 9 nähdään miten taas kaksipalkkinostin sijoittuu radalle.



Kuva 9. Kaksipalkkinostin radalla

### 3.2 Nostimen sähköiset komponentit

CXT-nostimet ovat täysin sähkökäyttöisiä, ja sisältävät täten paljon sähköistystä. Useimmat nosturin erikoisominaisuuksia varten tarvittavat komponentit sijaitsevat sillankaapissa, eikä täten kaikkia nostimen lisäominaisuuksia, kuten paikannusjärjestelmää tai rajattua aluetta tarvitse käsitellä itse nostimessa sijaitsevan sähköistykseen toteuttamisen ymmärtämiseksi.

#### 3.2.1 Nostimoottorit

Nostimoottori toimii noston voimanlähteenä. Sillä pyöritetään vaihteiston kautta köyden telaa, johon nostoköysi on kiinnitetty. Vaihteiston tehtävä on muuttaa suuren moottorin pyörimisnopeus, esimerkiksi 3000 kierrosta/min telan pyörimisnopeudeksi 18 kierrosta minuutissa samalla kasvattaen reilusti vääntömomenttia.

Käytettyjen nostimoottoreiden päätyypit ovat P-napavaihtomoottori sekä T- taajuusmuuttajaohjattu moottori, joka on korvautumassa A- ja S- moottoreilla. Moottorit on luokiteltu tehonsa mukaan eri luokkiin, esim. T-moottorin tapauksessa T1-T9 & TA.

Käytetyt moottorityypit ovat

- P-tyyppin nostomoottori
  - napavaihtomoottori, jossa on sekä hitaalle että nopealle nopeudelle oma käämitys. Toisin sanoen voidaan käyttää ohjaukseen kontaktoreita (ks.luku 3.4.1)
  - nopeuksien suhde 6:1
- T-tyyppin nostomoottori
  - yhdellä käämityksellä varustettu, joten vaatii taajuusmuuttaja-ohjauksen
- A-tyyppin nostomoottori
  - voidaan ajaa 50 %:n nopeudella nimelliskuormalla, sekä 150 %:n nopeudella 10 %:n kuormalla
  - ohjaavan taajuusmuuttajan vaadittu teho on puolet T-moottorin vastaavaan nähden
- S-tyyppin nostomoottori
  - samat ominaisuudet kuin A-moottorilla, mutta voidaan nimelliskuormalla ajaa 150 %:n nopeudella.

Moottorit sisältävät yleensä myös mekaanisen jarrun, joka avataan tasasähkösyötöllä, sekä käämisuojan, joka estää käämien ylikuumenemista kun esimerkiksi ajetaan pitkään hitaalla nopeudella, ja tuuletin ei jäähdytä käämejä tarpeeksi.

### 3.2.2 Siirtomoottorit

Siirtomoottoreita on vaunun tyypistä ja koosta riippuen yksi tai kaksi. Siirtomoottoreita on sekä vakioversioina eri tehoisia, että erikseen työlle tilattuja. Yleensä tehot

vaihtelevat 0,3-0,9 kW välillä. Ohjaus tapahtuu lähes aina taajuusmuuttajalla, joka sijaitsee joko sillankaapissa tai taulussa.

### 3.2.3 Ylikuormasuojat

Ylikuormasuojan tehtävänä on estää liian suuren nostokuorman aiheuttama nostomoottorin ja muun mekaniikan ylikuormitus. Ylikuormasuojan tyyppi vaikuttaa paljon myös sähköistykseen, toimintaperiaatteen ollessa hyvin erilainen eri suojissa. Kaikki ylikuormasuojat säädetään laukeamaan 110 %:n kuormalla nimelliskuormasta. Käytetyt ylikuormasuojatyypit ovat

- mekaaninen, MEC (= mechanical)
- venymäliuska-anturi, SG (= strain gauge)
- momentinmittaus, POW (=power measure)
- mekaanisen ja momentinmittauksen yhdistelmä MECPOW.

Mekaanisessa suojassa ylikuormasuojan puristuminen rasituksen alla kasaan saa mikrokytkimen laukaisemaan halutussa kohdassa, ja venymäliuska-anturilla lähtöjännitteen arvo muuttuu rasituksen mukaan. Momentinmittauksessa taas mitataan suoraan jännitteitä ja virtoja moottorin ottaman tehon laskemiseksi. Mekaanista suojaa käyttämällä ei tarvita muita komponentteja ylikuormasuojauksen toteuttamiseksi, kun muut menetelmät vaativat myös muuta elektroniikkaa.

### 3.2.4 Rajakytkimet

Nosturissa on turvallisen toiminnan takaamiseksi oltava erilaisia rajakytkimiä, joilla valvotaan nosturin mekaanista liikettä. Kaikissa nostimissa asennetaan vakiona tietyt rajakytkimet, mutta tämän lisäksi lisärajoja asennetaan työkohtaisesti.

Tärkeimpiin rajakytkimiin kuuluu

- noston korkeutta valvova noston pyörivärajakytkin
- noston turvaylärajana toimiva koukkuraja
- vaunun siirtoa valvova siirronrajakytkin.

Edellä esiteltyjen komponenttien lisäksi nostin voi sisältää

- lisäjäähdytystä varten toisen tuulettimen nostomoottorille
- jarrutusta varten toisen lisäjarrun
- valotorneja ja äänitorvia
- erilaisia moottorin nopeusantureita.

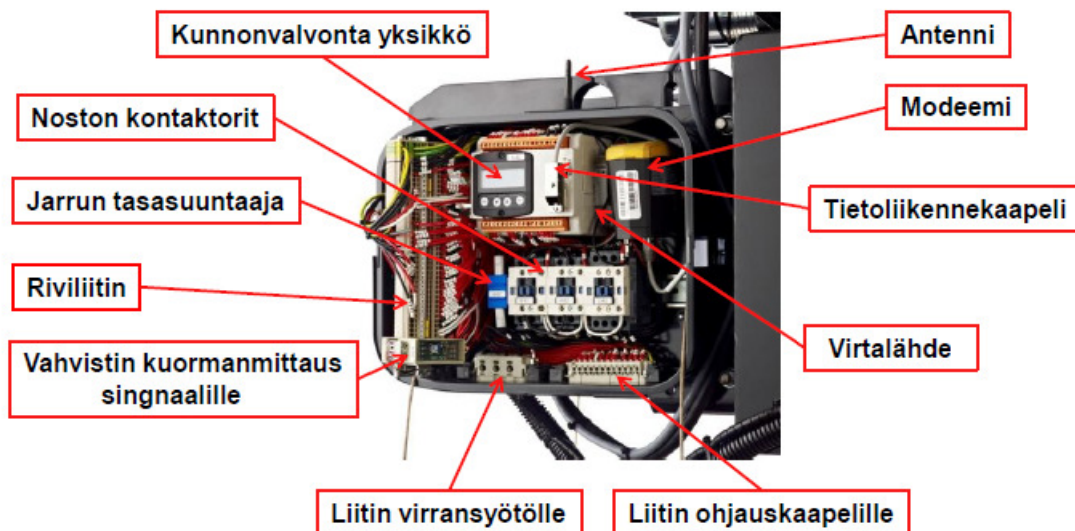
Myös erilaista paikannusta ja nostimien ja nosturin siltojen törmäyksen estoa varten voi nosturi sisältää mm. valokennoja ja ultraäänilähettä/-vastaanottimia.

### 3.3 Nostimien sähkötaulu

Nostimessa sijaitsee sähkötaulu eli nostimen kojekaappi. Vaikka useat ohjaukseen ja tehonsyöttöön tarvittavat komponentit sijaitsevat usein sillankaapissa, on nostimessa oltava myös tila, jossa voidaan tehdä sähköiset kytkennät nostimen komponenttien ja muun sähköistyksen välillä. Sähkötaulu voi toimia pelkästään välirasiana kytkentöjä varten, mutta useimmiten se sisältää myös tapauskohtaisen määrän komponentteja ohjausta ja tehonsyöttöä varten.

Sähkötauluja nostimiin tehdään sekä HH6:n taulusolussa, että alihankkijoilla. Milectria valmistaa lähinnä työkohtaisia tauluja, ja Konesko valmistaa sekä vakiotauluja että työkohtaisia tauluja. Osa tauluista valmistetaan nykyisin myös Konecranesin Unkarin tehtaalla. Suurin osa tauluista tulee kuitenkin Koneskolta. HH6:n taulusolussa ei tehdä

vakiotauluja, vaan kaikki taulut ovat työkohtaisia lukuun ottamatta toistaiseksi EDGE-tauluja (ks. luku 3.10 *EDGE-projekti*).



Kuva 10. Nostimen sähkötaulu (Sähkökoulutustuotannolle HH1, 2013)

Taulussa (kuva 10) on aina vähintään riviliittimet, pistokkeet ja välikaapeloinnit kytkentää varten. Tällöin puhutaan ns. tyhjistä taulusta, joka toimii vain välilytkentärasiana sillankaapin, ohjauksen ja nostimen komponenttien välillä. Tämä toteutustapa juontuu asiakkaan halusta siirtää kaikki komponentit sillankaappiin. Sähkötaulut sisältävät kuitenkin usein paljonkin komponentteja, esimerkiksi nostomoottorin ohjauksen kontaktorit, siirtomoottoreiden taajuusmuuttajan sekä CID – kunnonvalvonta yksikön, kuten kuvasta 10 nähdään.

Sähkötaulut kootaan koteloon, jonka koko vaihtelee tarvittavan tilan, nostimen rungonkoon ja vaununtypin mukaan. Nostintyyppistä riippuen voi tauluja olla yhdestä kolmeen kappaletta. Taulut ovat kuitenkin sillankaappeihin verrattuna hyvin pieniä, koska ne ovat itse nostimessa kiinni, ja koko on tällöin rajoitettu. Sen takia ne eivät sisällä kuin välttämättömimmät komponentit. Tämä yhdessä sen asian faktan kanssa että tarvittava komponenttimäärä vaihtelee, tekee sen, että taulut voivat olla erittäin ahtaita tai väljiä.

Mainittakoon että pienintä taulun kokoa 370 mm \* 280 mm kutsutaan *leipälaatikoksi* sen ulkomuodon takia. Tätä paljon käytettyä kojekaappia käytetään pienissä QA- ja QB-runkoisissa nostimissa.



### 3.4 Sähkötaulun pääkomponentit

Sähkötaulu sisältää tapauskohtaisen määrän komponentteja ohjausten ja tehonsyötön toteuttamiseksi. Nostimen ominaisuuksien lisäksi komponenttien määrään vaikuttaa niiden jakautuminen sillankaapin ja taulun kesken. Liitokset sen sijaan nostimen ja muun sähköistyksen kanssa toteutetaan sekä pistokkein että kaapeleilla. Riviliittimiä hyödynnetään paljon kytkentöjen tekemisessä, niin sisäisessä kuin ulkoisessa johdotuksessa.

#### 3.4.1 Noston ohjauksen kontaktorit

Vaikka taajuusmuuttajalla toteutettu nostomoottorinohjaus on yleistymässä, toteutetaan ohjaus usein vielä kontaktoreilla. Tämä tulee edullisemmaksi kuin taajuusmuuttajan käyttäminen, ja on luetettava ja kestää paremmin haastavia olosuhteita. Huono puoli on nopeuden ohjauksen kaksiporaisuus ilman tarkempaa säätöä. Kontaktorinohjaus voidaan toteuttaa vain napavaihtomoottoria käyttämällä, jossa molemmille nopeuksille on oma käämitys.

#### 3.4.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajilla taulussa ohjataan lähes aina vaunun siirtomoottoreita, ja joissain tapauksissa myös nostomoottoria. Pienemmissä nostimissa on paljon hyödynnetty edellä mainittua kontaktorinohjausta, mutta taajuusmuuttajat ovat yleistymässä myös siellä.

Taajuusmuuttaja voi tarvita erillisen jarruvastuksen tai sisältää sen itse, takaisinsyöttöä verkkoon ei käytetä. Taajuusmuuttajan käyttöä puoltaa kontaktoreiden sijasta ensisijaisesti parempi säädettävyyys. Sisäistä ohjelmaa muuttamalla voidaan valita mielenvaltaisia kiihdytys- ja nopeusportaita. Myös moottorin ottamaa käynnistysvirtaa voidaan rajoittaa, sekä vähentää mekaanisen jarrun kuluttamista jarruvastuksia käyttämällä.

Moottoreiden ohjauksen ominaisuudet kehittyvät jatkuvasti ja taajuusmuuttajat tulevat yleistymään entisestään ja sisältämään monimutkaisempia sovelluksia tulevaisuudessa. Taajuusmuuttajien ohjelmia voidaan myös vaihtaa jälkikäteen vaihtamatta itse komponentteja, joka antaa lisää päivitysmahdollisuuksia kontaktoreiden käyttöön verrattuna.

Kuvassa 11 on TMK-taajuusmuuttaja asennettuna ja kytkettynä tauluun



Kuva 11. TMK-taajuusmuuttaja taulussa.

### 3.4.3 CID-kunnonvalvontayksikkö ja Remote Services

CID-kunnonvalvontayksikkö on Konecranesin oma nosturin toimintaa ja huoltoa vahtiva komponentti. Sillä voidaan toteuttaa monia eri tehtäviä, mutta tärkeimpinä ovat ylikuormasuojaus ja jatkuva nostimen kunnon tarkkailu. Esimerkiksi ohjauksen painikkeelta tuleva nostimen ylös-käsky voi kulkea ensin CID:lle, joka vasta sen havaittua eri mitattavien asioiden olevan kunnossa päästää ohjauksen eteenpäin muille komponenteille.

Käytännössä CID on osa kokonaisuutta, johon kuuluu ominaisuuksien ja esimerkiksi ylikuormasuojantyyppistä riippuen muitakin komponentteja, tärkeimpinä virtamuuntajat, signaalivahvistimet ja modeemi virtalähteineen.

CID:in keräämiä tietoja tarkkaillaan usein langattomasti sen yhteyteen asennetun modeemin avulla. Tätä palvelua kutsutaan Truconnect® Remote Serviceksi. Kuvassa 13 (ks. seur. s.) palvelun ideaa havainnollistetaan.



Kuva 12. Remote Services toimintaperiaate

Kunnonvalvontayksikön keräämiä tietoja voidaan valvoa siis reaaliaikaisesti, ja esimerkiksi vian sattuessa saadaan huollolle nopeasti tieto asiasta. Valvonnalla voidaan myös tehostaa tuotantoa käyttökohteessa, koska data nostimen ja nosturin käytöstä tallentuu muistiin. Myös nostimen huoltoväliä sekä elinkaarta voidaan tarkkailla pitkällä aikavälillä kerätyn tiedon ollessa tallessa.

### 3.5 Sähkötaulun ja nostimen välinen kaapelointi

Nostimen komponentit kytketään sähkötauluun kaapelein läpivientien kautta tai kurkkuputken sisällä tuoduilla johtimilla ja kaapeleilla. Moottorin kaapelointi toteutetaan aina jälkimmäisellä tavalla. Kurkkuputki eli kurkkuletku johdotuksineen tehdään ja asennetaan taulunpäästä valmiiksi taulusolussa QA-, QB- ja QC-runkoisissa nostimissa. QD- ja QE-runkoisten letkut asennetaan vasta HH2 nostinlinjalla nostimien vaihtelevan koon vuoksi. Myös letkun pituus näissä voi olla yli 10 metriä, joka valmiiksi asennettuna hankaloittaisi muuten pienehkön sähkökotelon kuljetusta ja varastointia.

#### 3.5.1 Moottorin kurkkuletku

Edellä mainitun moottorin ja sähkötaulun väliseen kurkkuletkun teossa hyödynnetään valmiiksi tehtyjä ja mitoitettuja letku-/kaapelisarjoja, joita suoraan tai muokkauksen kautta pystytään käyttämään asennuksissa. Milectria myös hyödyntää samoja sarjoja tuotannossaan.

Letkun vaadittu pituus vakiotyyppin nostimiin voidaan katsoa kootusta mitoitusaulukosta (ks. luku 5.1.5), ja letkun sisältämät johtimet moottorityypistä. Lisäjohtimet ja muut vaaditut muokkaukset tarkastetaan kytkentäkuvista. Moottorin tyyppi sekä sen tehontarve vaikuttavat eniten johdotuksen sisältöön.

Erikoistöissä voidaan suunnittelusta pyytää nostimen rakennekuvaa, jos tätä on saatavilla, ja katsoa siitä vaadittu letkun pituus työlle. Suunnittelija on arvioinut erillisellä ohjelmalla rakenne kuvasta vaaditun letkun pituuden. Kuvassa 13 näkyy varastoletku.



Kuva 11. QAB-1700 kurkkuletku

Kurkkuletkun tekoon käytetyt johtosarjat tätä työtä tehdessä oli lajiteltu runkokoon, moottorityypin ja poikkipinta-alan mukaan. Pituuksia näistä oli saatavilla vaihdellen 1300 mm:stä aina 5000 mm:iin. Pidemmät tehtiin kokonaan käsin taulusolussa.

### 3.5.2 Sähkötaulujen väliset johdotukset

L- ja N-vaunullisissa nostimissa (suurin osa QA- ja QB-runkoisista nostimista) on useimmiten kaksi sähkötaulua, joiden välille tehdään johdotus kurkkuputkella suojaten. Tähän ei ole valmiita johdinsarjoja, vaan letku johtimineen tehdään taulusolussa. Itse

putken mitoitus jätetään leipälaatikkomalleissa nostinlinjan tehtäväksi, muissa se mitoitetaan valmiiksi kuvan mukaan.

### 3.5.3 Siirtomoottorin kaapelointi

Siirtomoottorin ja sähkötaulun välinen kytkentä on toteutettu kaapelilla, jonka moottorin puoleinen pää kytketään pistokkeella, ja toinen nipan kautta taulun riveille. Leipälaatikon (ks. luku 3.5) tapauksessa on siirtomoottorin kaapeli yleensä kytketty valmiiksi taulusolussa, mutta muissa tapauksissa nostimen asentaja tekee ja mitoittaa kaapelit itse tapauskohtaisesti. Tauluntekijä arvioi mitoituksen samaa taulukkoa apuna käyttäen kuin moottorin kurkkuletkun tapauksessa.

### 3.5.4 Muu ulkopuolinen kaapelointi

Erikoisrajat, valotornit, äänitorvet ja valokennot ovat työkohtaisesti vaadittuja erikoiskomponentteja, jotka tullessaan yleensä kytketään molemmista päistä valmiiksi taulusolussa nostinlinjanasennusta varten. Lisärajat, lukuun ottamatta nostimen siirron magneettirajoja, kytketään kokonaisuudessaan vasta nostinlinjalla.

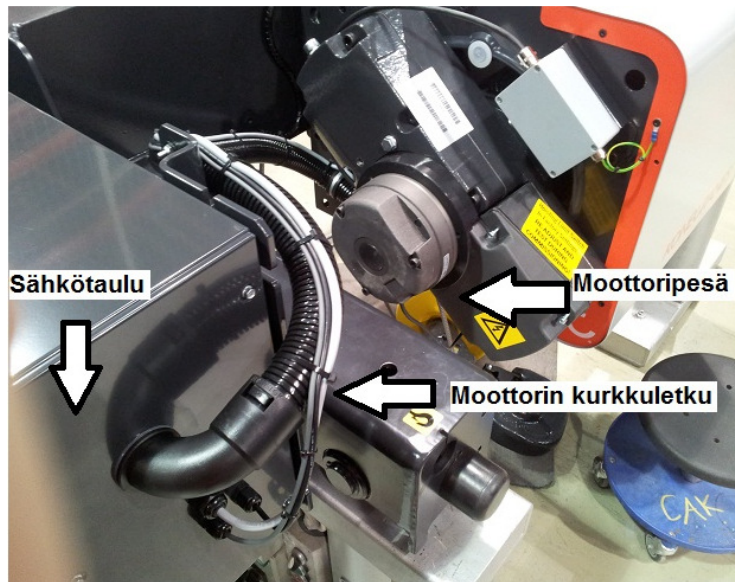
## 3.6 Nostinlinjalla tehtävä sähköistäminen

Kaikissa HH1:ssä valmistettavissa nostin tyypeissä (QA/QB/QC) vaunun tyypistä riippumatta on pääpiirteittäin samat tehtävät kytkennän ja asennettavat komponentit sähköistuksen kannalta. HH2:ssa valmistettavat nostimet ovat QD- ja QE-runkoisia, ja siellä tehdään suurimmaksi osaksi sähkötaulun ja nostimen väliset kaapeloinnit erillisessä sähköistysvaiheessa, koska kyseisissä nostimissa on enemmän hajontaa mitoituksien suhteen.

Sähkötaulut saadaan nostinlinjalle etsimällä ne joko hyllyistä, jotka on lajiteltu nostintyyppien mukaan, tai sitten leipälaatikoiden tapauksessa varastoautomaatista. Molemmilla tavoilla oikea taulu etsitään työnumeron avulla.

Yksi oleellisimmista asennuksista on sähkötaulun ja nostomoottorin välisen kurkkuletkun asentaminen. Siinä noudatettavista asennusreiteistä on nostinlinjan asentajille annettu ohjeistusta (intra-palvelu: Kaapelointi reititys - 6604815), ja vakiotapauksissa

siinä ei ole ongelmia reitityksen ollessa selkeä. Erikoistöissä suunnittelija on merkannut letkun reitin nostinkuvaan. Asennus tapahtuu L- ja N-vaunuissa aisaputken läpi, ja muissa nostimen runkoon ulkopuolelta kiinnitettynä. Kuvasta 12 näkee tämän käytännössä.



Kuva 12. Moottorin kurkkuletkun reitti

Moottorin puoleisessa päässä kytkennät vaihtelevat moottorin tyypin mukaan. Kohdassa 3.5.1 esiteltyt johtosarjat on muokattu taulusolussa niin, että moottorinkytkeä pitäisi onnistua periaatteessa ilman työkaluja ja johtimien selvittämistä. Molex-liittimellä saadaan toteutettua usean johtimen liitäntä kerralla (9- ja 15-pin), ja riviliitintä hyödynnetään moottorin syötön kytkennässä.

Mahdollinen taulujen välinen kaapelointi on tehty ja merkattu mahdollisimman kytkentävalmiiksi taulusolussa, ja johtimet saadaan helposti kytkettyä kurkkuletkun kautta taulujen välille. Muilta osin nostimen komponentit kytketään käytännössä kaapeloiden läpivientien kautta sähkötauluun ja kytkentäriveille, olivat ne sitten siirtomoottoreita, ylikuormasuojia, rajakytkimiä, lisäpuhaltimia tai pulssikoodereita jne. Lukuun ottamatta erityisiä IP-luokitusvaatimuksia, on kaikki muut kytkennät, tärkeimpänä kytkentä sillankaapin ja taulun välillä, toteutettu pistokekaapeleilla.

### 3.7 Nostimen koeajo

Kaikki nostimet koeajetaan ja testataan nostinlinjalla. Tarkoituksena on säätää ylikuormasuojat ja joitakin rajakytkimiä, sekä kokeilla että nostin toimii tarkoituksen mukaisesti. Testauksessa hyödynnetään valmiita testipukkeja, joissa nostinta voidaan kuormittaa halutulla vastuksella ylikuormasuojien säätämiseksi. Ylikuormasuoja voidaan myös tietyn rajoituksen säätää irrallaan, jolloin tätä ei tarvitse enää koeajossa tehdä.

Apuna on testilaitteisto, josta voidaan syöttää pistokkeiden ja kaapeleiden avulla halutut syötöt ja ohjaukset sähkötauluun. Nostimen sisältämistä komponenteista riippuu kuinka testaus toteutetaan, ja mitä ohjauksia ja syöttöjä tauluun pitää tuoda ulkopuolelta.

Normaalitapauksessa koeajo on suoraviivaista. Sopivan jännitteen valinnan jälkeen voidaan kytkeä valmiilla pistokkeilla syöttö ja ohjaus tauluun. Jos vaununsiiirron taa juusmuuttaja ei sijaitse taulussa, kokeillaan moottorin toiminta suoraan sitä syöttämällä testilaitteistosta. Myös esimerkiksi CID:in ollessa taulun sijasta sillankaapissa, mutta ylikuormasuojan säädön sitä vaatiessa, käytetään testilaitteiston CID:iä testinaikana arvojen tarkastamiseksi ja säätämiseksi.

Jos sähkötaulu on ns. tyhjätulu, eli se ei sisällä kuin korkeintaan riviliittimet ja kuormanturin vahvistimen, täytyy testilaitteistolla simuloida kaikki testausta varten tarvittavat ohjaukset. Osa kytkennöistä saadaan toteutettua valmiita pistokkeita hyödyntämällä, osa kootaan adaptereiden avulla työkohtaisesti.

### 3.8 Nosturin sillankaapit

Sillankaapilla tarkoitetaan joko nosturin sillassa tai muualla sijaitsevaa sähkökaappia, joka toimii sähköistyksen sydämenä, sisältäen yleensä usein kaiken paitsi edellä mainittu sähkötaulussa sijaitsevat komponentit ja elektroniikan. Tähän kuuluu sähköjärjestelmän tehonsyöttö, ohjausjännitteen muodostaminen ja suurin osa ohjauksesta ylipäänsä, sekä tapauskohtainen määrä muita ominaisuuksia. Suuren tilan takia isoimpien nostimien ja nostureiden moottorien ohjauksen laitteet ja niiden mahdolliset jarruvastukset sijaitsevat sillankaapissa nostimen sähkötaulun sijasta. Kuvassa 13 näkyy sillankaappi (ks. seur. s.).



Kuva 13. Sillankaappi (Kustomointia vaativien teollisuusnostureiden toimitusprosessi 2012: 8)

### 3.9 EDGE-projekti

EDGE-projektilla on tarkoitus saada päivitettyä nykyistä CXT-nostinta uuteen versioon, ja samalla saada standardoitua niin mekaniikan kuin sähköistyksenkin osalta tuotteisto. Tarkoituksena on tulevaisuudessa saada koko CXT-nostintuotanto muodostettua eri EDGE-tuotteilla.

Sähköistyksen osalta tuotteet jaetaan eri luokkiin, jotka määräytyvät niiden sisältämien ominaisuuksien mukaan. Nämä luokat ovat Basic, Standard ja Special. Kuten nimestäkin on pääteltävissä, Basic sisältää yksinkertaisen sähköistyksen koostuen esimerkiksi noston ohjauksen kontaktoreista, jarrun ohjauspiiristä ja siirron taajuusmuuttajasta, ja sitä on saatavilla vain pienemmän luokan koneistoille. Standardissa ominaisuuksia on enemmän, suurimpana CID-kunnonvalvontayksikkö sen tarjoamine lisäpalveluineen, ja sitä on saatavilla kaikille moottoreille. Kaiken muun sähköistyksen lasketaan kuuluvan Special-luokituksen alle.

Tarkoituksena oli, että varastossa on saatavilla eri vakio sähkötauluja alihankkijoiden valmistamana, ja näihin lisätään tarvittavat optiot, kuten siirronrajakytkimet ja kaapelit nostinlinjalla. Tämä toteutetaan nykyään eri tavalla kuin oli suunniteltu, koska taulusolu on vastuussa tästä muokkaamisesta, ja nostinlinjan kannalta sähköistys ei eroa muista sähkötauluista. Tulevaisuudessa tarkoituksena on, että erillinen solu muokkaa työt työkohtaisesti ja ajaa parametrit laitteisiin, ja nostinlinjalla lisätään sopivat optiot.

EDGE:n idea tulisi nopeuttamaan selvästi perusmallisten nostimien tuotantoa, etenkin sähköjen osalta. Nämä edellä esitellyt perusmallit kattaisivat suurimman osan tuotannosta, ja kaikki muut nostimet olisivat työkohtaisia töitä.



#### 4 Selvitys nostimien sähköistyksen ongelmista

Päätimme jo ennen työn aloittamista ohjaajani kanssa, että ongelmien kartoittamista on paras lähteä selvittämään käytännön kautta, työskentelemällä normaalisti tuotannossa sähköosaston taulusolussa, sekä myöhemmin myös itse nostinlinjalla nostimen loppukokoonpanossa. Näin pystyin tutustumaan sekä tauluihin että nostimiin perinpohjaisesti, koska molempien tunteminen on välttämättömyys ymmärtääkseen nostimen sähköistystä kokonaisuutena. Nostimien mekaniikan vaikutus sähköistykseen ei selviäisi vain sähköpuolella työskentelemällä, ja vaikka olinkin työskennellyt aikaisemmin sillankaappien kokoonpanossa, eikä myöskään taulujen omat erikoisuudet olisi auenneet vain nostinlinjalla työskentelemällä.

Molemmilla linjoilla ollessani oli tarkoituksena sekä työskennellä normaalisti samoilla työtavoilla ja -menetelmillä kuin asentajat keskimäärin linjalla, mutta samalla havainnoida puutteita ja ongelmia joihin työskentelyssä törmää. Näin toimimalla pystyin myös saamaan todellisen kuvan asioista, koska pelkkä asentajien haastattelu ongelmista ei toisi koskaan ilmi kaikkia puutteita. Yksi syy tähän on se, että asentajat ovat jo osittain tottuneet joihinkin ongelmiin eivätkä osaisi tuoda näitä esille. Myös virheiden ja ongelmien todellinen laatu olisi joissain tapauksissa saattanut jäädä arvailuksi asentajan oman mielipiteen vuoksi.

Myös myöhemmin esiin tuleva osittainen asentajien tiedon puute olisi johtanut helposti väärinkäsityksiin, jos itselläni ei olisi ollut käsitystä ongelman laadusta. Tästä huolimatta asentajilla molemmilla linjoilla oli selvä näkemys mitkä asiat ovat jatkuvasti eteen tulevia ongelmia, ja mitkä satunnaisia virheitä tuotannon jossakin vaiheessa.

Selvästi halua parantaa nykyistä tilannetta oli havaittavissa asentajien keskuudessa, koska jotkin ongelmat tai työntekoa hidastavat tai vaikeuttavat asiat olivat toistuneet jopa vuosia. Lähes poikkeuksetta asioista kerrottiin olleen ilmoitettu jo moneen kertaan, mutta tieto ei joko ole mennyt aina eteenpäin, tai sille ei ole voitu tai haluttu tehdä mitään. Asiat eivät ole aina niin yksinkertaisia, koska myös alihankkijat tuottavat suuren osan nostimien sähkötauluista.

EDGE-projektiin liittyvät asiat suurimmaksi osaksi ohitin selvityksessä, koska kyseinen kokonaisuus ei ollut työtä tehdessä lopullisessa ja suunnitellussa muodossa, vaan

on käynyt läpi jatkuvasti muutoksia alkuperäisen idean otettua takapakkia, ja nykyisten toimintatapojen ollessa väliaikaisia.

Vaikka työn tarkoituksena oli seurata molemmilla nostinlinjoilla HH1 ja HH2 tapahtuvaa sähköistysten korjaamista ja muita ongelmia, tuli nopeasti selväksi, että HH2:n ongelmat ovat erilaisesta toiminta-/kokoonpanotavasta johtuen huomattavasti pienempiä, niin määrällisesti kuin vaikeudeltaan. HH2:ssa on erillinen sähköistysvaihe, jossa työskentelee vain sähköasentajia, jotka myös tekevät suuren osan ongelmia HH1:ssä aiheuttaneista työvaiheista itse.

Täten uskoin vain lähemmin linjan HH1 tarkastelun riittävän ongelmien kartoitukseen. Toki kysyin HH2:n asentajilta ja työnjohtolta heidän havaitsemiaan ongelmia, mutta saadut vastaukset sekä laadunvalvonnan kirjaamat virheet osoittivat, että ongelmat ovat melko vähäisiä siellä.

#### 4.1 Oma työskentelyni taulusolussa ja nostinlinjalla

Vaikka minulla siis oli kokemusta sillankaappien kokoonpanosta, sovimme että aloitan työn tutustumalla tauluihin, koska ne ovat kumminkin itse nostimien kojekaappeja, ja sisältävät nimenomaan nostimiin liittyviä erikoispiirteitä joita sillankaappien tuotannossa ei huomioida. Nostinlinjalla esiintyvät ongelmat, sekä itse nostimet, tulisivat tutuiksi taas työskentelemällä nostinlinjalla.

Pyrin myös aina kun mahdollista olemaan mukana korjaamassa tauluja linjalla, mutta taulun korjausta vaatimattomissa epäselvyyksissä, jotka selvitettiin muun sähköosaston henkilöstön kanssa, olin mukana vain nostinlinjalla ollessani.

##### 4.1.1 Työskentely taulusolussa

Aloitin siis työni työskentelemällä sähkötehtaan taulusolussa. Koska tunsin useimmat käytetyt asennustavat ja komponentit sillankaappi puolelta, pystyin työskentelemään melko itsenäisesti alusta lähtien hidastamatta muiden työntekoa. Pääsin myös nopeasti kiinni taulujen erikoispiirteisiin. Pyrin valitsemaan töikseni mahdollisimman erilaisia tauluja, jotta saisin paremman kokonaiskuvan niiden variaatioista.

Paras anti työn kannalta työskentelystä taulusolussa oli ohjeistuksen näkeminen jolla eri ominaisuudet ja mitat valitaan tauluun. Näiden kun tiesin jo etukäteen olevan yksi ongelmakohtista. Samalla pyrin toimimaan mahdollisimman paljon korjausvastaavana, jotta näin käytännössä mistä korjaamiset koostuvat, ja kuinka kauan niihin kului aikaa.

#### 4.1.2 Työskentely nostinlinjalla

Parin kuukauden työskentelyn jälkeen siirryin nostinlinjalle seuraamaan siellä tapahtuvaa nostimen loppukokoonpanoa. Idea oli sama kuin taulusolussa työskennellessäni: olla asentajan mukana kokoamassa nostimia normaaleilla työskentelytavoilla, samalla ongelmakohtia tutkien ja asentajia haastatellen.

Aluksi olin nostinlinjalla kaksipalkkinostimien loppukokoonpanossa. Sain nopeasti käytännössä näkemällä ja kokemalla, sekä ohjaajanani toiminutta asentajaa haastattelella käsityksen pääpiirteittäin nostimien jakautumisesta eri luokkiin ja vaunu tyyppeihin, sekä muuten vastauksia taulusolussa työskennellessäni heränneisiin kysymyksiin.

Tämän jälkeen siirryin matalavaunullisten nostimien loppukokoonpanoon. Volyymi on suurempi pienemmillä nostimilla niiden valmistusajan takia, joten ehdin saada hyvän kokonaiskuvan linjaston tällä osalla tapahtuvista asennuksista. Moni asentajista oli aikaisemman tuotanto layoutin vuoksi ollut työskentelemässä esimerkiksi ylävaunujen kokoonpanossa, joten pystyin saamaan hyvin tietoa myös muiden nostintyyppien haasteista.

Molemmille sektoreille pääsy lykkääntyi hieman kiireiden takia tuotannossa, mutta en nätin olemaan linjalla kuitenkin useamman viikon. Yritin kiinnittää huomiota enemmän sähköistyksen asioihin, vaikka loppukokoonpanossa mekaaninen puoli vaatiikin enemmän työtä, etenkin suuremmissa kaksipalkkinostimissa. Sähköistyksen asiat olivat pitkälti nostimen tyylistä riippumattomia, joten en kokenut tarpeelliseksi lähteä erikseen työskentelemään kaikilla eri sektoreilla. Ylävaunuihin tutustuin lähinnä korjaustöissä ja asentajia haastattelella. Alkukokoonpanossa tehtävään valmistukseen en myöskään tutustunut tarkemmin, koska tuote kuitenkin kulkee loppukokoonpanon läpi, ja siellä tehtävä sähköistys rajoittuu pitkälti moottoreiden komponentteihin.

## 4.2 Lisätiedon hankinta

Työtä tehdessäni haastattelin myös eri henkilöitä, joiden toimenkuvaan kuului joko nostimen sähköistykseen liittyvät asiat, tai itse laadunvalvonta. Ohjaajani avusti tapaamisten järjestelyssä. Näihin henkilöihin kuului esimerkiksi

- sähkö- ja työsuunnittelijat
- HH2:n suunnittelija/työnjohtaja sekä asentajat
- laadunvalvontahenkilöstö.

Toki suurin tieto tuli työskennellessäni haastatelluilta asentajilta. Usein omat kokemukseni ja havaintoni olivat hyvin samanlaisia asentajien kanssa, mutta näin lyhyen ajan sisällä en varmasti itse olisi pystynyt kaikkia virheitä havaitsemaan, vaan käytin asentajien kokemuksia ja näkemyksiä perustana ongelmille. Toki laadunvalvontaa oli tehty jo pidemmän aikaa samoihin asioihin liittyen, ja tilastoitua tietoa virheiden laadusta oli saatavilla.

## 4.3 Laadunvalvonta

Laadunvalvontaa tapahtui monella eri tavalla tuotannon eri vaiheissa. Yksittäisiä testauksia ja tarkastuksia tehtiin erikseen niin sähkötaulun testauksessa, nostimen alku- ja loppukokoonpanossa, nostimen lopputarkastuksessa kuin mahdollisessa C-testissä.

Sähköosaston puolella työtä tehdessäni toimintamalli virheen löytyessä oli, että virheet kirjattiin itse Ilmari-järjestelmään, sekä vielä häiriöajan selvittämiseksi työnjohdolle että mahdollisten kirjauspuutteiden takia erilliseen vihkoon.

Nostinlinjalla nostimen mukana kulkee ns. FAT-tarkastuslista, johon asentajat ja loppu-tarkastaja voivat merkitä tiettyjen tarkistettavien asioiden lisäksi muita havaittuja virheitä ja puutteita, siis ylipäänsä työtä hidastavia asioita. Näihin asioihin kuului osana sähköistuksen virheet.

#### 4.3.1 Laatustandardit

Konecranesille on myönnetty ISO 9001-sertifikaatti, joka tarkoittaa, että yritys toiminnissaan täyttää tietyt kyseisen standardin määrittelemät laadunvalvontajärjestelmään liittyvät vaatimukset. Myöhemmin kohdassa 4.3.2 tarkemmin esitelty FAT on muodostettu valvomaan tuotteiden ja tuotannon laatua sen aikana ja jälkitesteissä, ja se on osa jatkuvan parantamisen prosessia, ns. QIP-toimintaa (Quality Improvement Process).

Liiketoiminta-alueet ovat jakautuneet useisiin QIP-tiimeihin, joiden tehtävänä edellä mainittujen asioiden toteuttaminen. Yksi tällainen tiimi oli myös nostinlinjan HH1 asioita käsittelemässä. Tähän toimintaan liittyen järjestettiin viikoittain ns. FAT-palaveri, jossa linjalla löydettyjä puutteita käytiin läpi.

#### 4.3.2 FAT eli lopputuotteen hyväksymistarkastus

FAT, eli “factory acceptance test”, tarkoittaa lopputuotteen hyväksymistarkastusta. Se sisältää lopputarkastuksen, tuotannon tarkastuksen ja testausrutiinit valmiille lopputuotteelle. Prosessi perustuu Konecranesin Japanilaisen partnerin KITO:n laatuvaatimuksiin vaativille Japanin markkinoille (FAT-testaus 2012: 3).

FAT-tarkastuslista kulki siis nostimen mukana nostintuotannossa. Kahteen ensimmäiseen sivuun merkittiin nostintuotannossa tehtävien tarkastuksen asiat, ja kahteen viimeiseen lopputarkastajan asiat. Tarkistuslistassa oli myös kohta vapaalle tekstille ongelmista.

FAT-palavereissa käytiin viikoittain läpi mahdollisten kuvien kanssa FAT-listaan merkityjä tai muuten tietoon tulleita ongelmia. Paperiin merkityt virheet käytiin tapauskohtaisesti läpi, ja lisäinformaatio ja tarkennukset ongelmiin kerättiin ennen niiden läpikäymistä.

Virheitä esiintyi niin mekaniikan kuin etenkin sähköjen kanssa, ja usein ratkaisuja kaikkiin virheisiin ei keritty saamaan ennen uusien käsittelyä. Toki osa kirjauksista ei vaatinut ratkaisua, vaan ne olivat esimerkiksi väärinymmärryksiä, joten toimenpiteitä kaikkiin kohtiin ei vaadittukaan. Pyrkimys oli silti käydä kaikki virheet läpi, ja saattaa tieto niistä osallisten tietoisuuteen. Tämän lisäksi tarkastusten tulokset tilastoitiin ja esiteltiin säännöllisin väliajoin tuotannolle.

#### 4.4 Ongelmienlaatu

Ongelmat, puutteet ja epäselvyydet sähköistyksen kanssa nostinlinjalla voi jakaa muutamään eri luokkaan, jotka aika hyvin käsittävät työnteon aikana havaittujen ja sitä ennen kirjattujen ongelmien tyypit:

- kytkentävirheet
- kaapelointimitoitusvirheet
- komponentti tai kytkentä puutteet
- laitteiden parametroidin ongelmat
- epäselvyydet kytkennän tekemisessä tai koeajossa.

Myös spesifejä mutta toistuvia asioita oli runsaasti, jotka haittasivat loppukokoonpanon asentamista, ja saattoivat mahdollisesti vaatia asentajalta toimenpiteitä. Tämänlaisia olivat esimerkiksi nipponen ylikiristys sekä komponenttien huono sijoittelu taulun kiinnityksen kannalta.

Näiden lisäksi asentajilta kuultuja vaikeuksia aiheuttivat paljon asiat, jotka eivät olleet varsinaisia ongelmia, vaan halua tehdä asennus nostinlinjalla helpommaksi siirtämällä joitakin työvaiheita taulusoluun, ja saadakseen täysin ”plug and play” valmiin tuotteen nostimeen asennettavaksi.

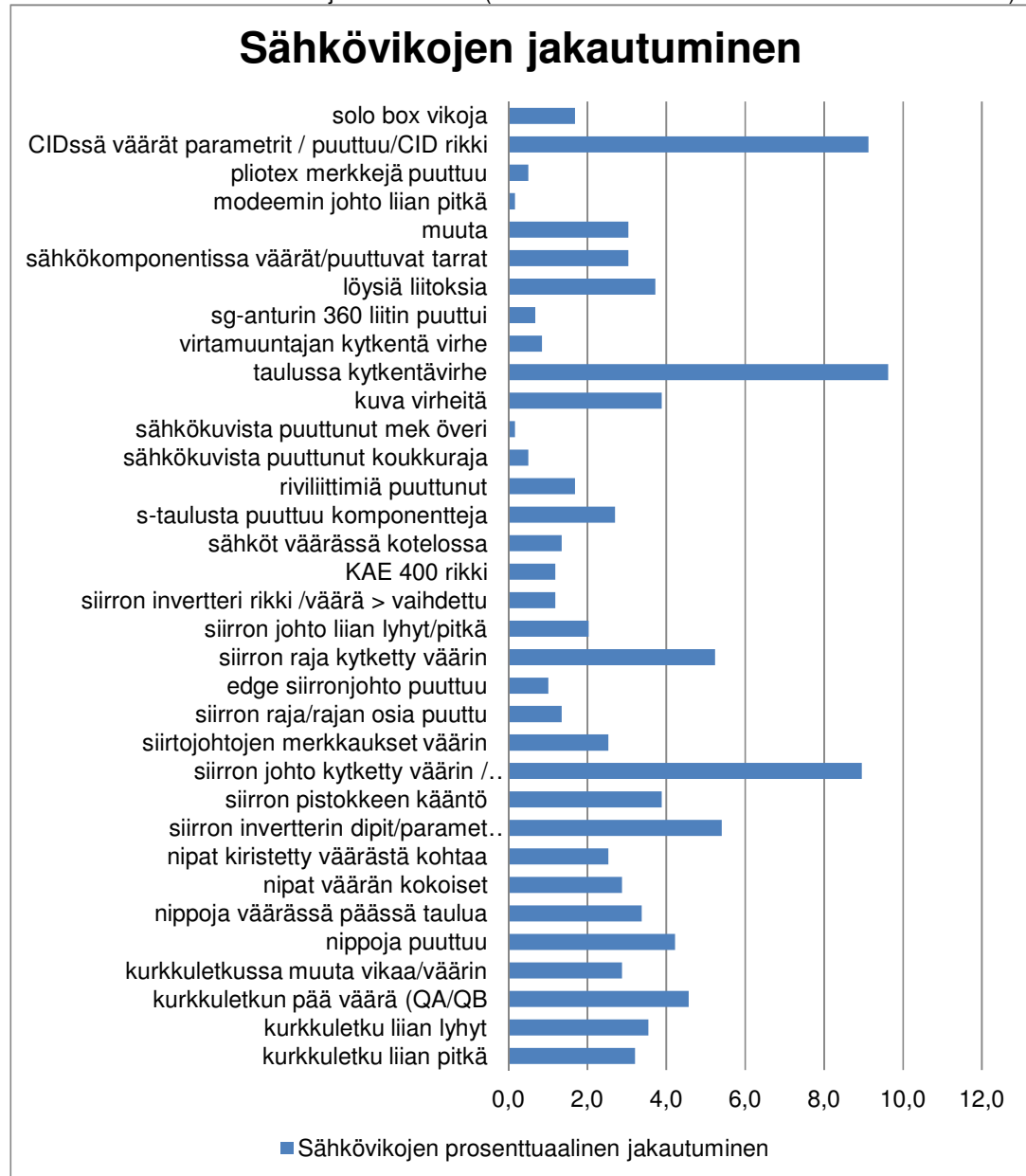
Sähkötaulu yksinkertaistetaan muutenkin yksittäisen komponentin tasolle liian helposti, joka näkyy esimerkiksi asennoitumisessa tauluihin nostinlinjalla. Nostimien vaihtelevuuden vuoksi aiheuttaa kohtuutonta vaivaa taulun tekijälle ruveta räätälöimään työtä jokaista nostimen yksityiskohtaa varten vain sen takia, että kyseistä vaihetta ei joutuisi tekemään nostinlinjalla, tai sen tekeminen olisi siellä helpompaa. Toki on myös asioita jotka samalla vaivalla tehdään kerralla kuntoon, ja niitä on käsitelty luvun 6 ratkaisuisa.

Myös tietynlainen sähköosaston ja nostinlinjan välinen kuilu syntyy huonosta tiedon välityksestä osapuolien välillä, ja taulun mieltämisestä yhdeksi komponentiksi muiden

joukossa. EDGE-projektin toteutuksen ongelmat liittyvät myös osittain tähän yhteyskatkokseen.

Seuraavana vielä aikaisemmin mainitun FAT-järjestelmän avulla kerätyistä tiedoista muodostettu taulukko 1, joka näyttää sähkövikojen jakautumisen prosentuaalisesti viikkojen 40/2012 ja 13/2013 väliseltä ajalta.

Taulukko 1. Sähkövirheiden jakautuminen (Tuotantoa häiritsevät sähköviat viikoittain 2013)



Taulukosta 1 voidaan nähdä että suurimmat vikojen aiheuttajat sähköistyksessä ovat parametrinti, kytkentävirheet ja vaunun siirron kaapeleiden sekä nostomoottorin kurkkuletkun mitoitus ja muut niihin liittyvät asiat.

#### 4.5 Ongelman kohdatessa

Jos nostinlinjan asentaja havaitsi sähköistykseen liittyvät ongelman tai puutoksen, reagoitiin siihen käytännössä kolmella tavalla

1. asiasta ilmoitettiin työnjohdolle, joka haki nostinlinjan avustajana toimineen henkilön paikalle sähköosastolta
2. haettiin itse sähköosastolta apua asiantuntevilta henkilöiltä
3. edellisten ollessa tavoittamattomissa, kysyttiin apua suoraan taulusolun asentajilta.

Nostinlinjan neuvonantajina / avustajina toimivat henkilöt eivät käytännössä olleet kovinkaan usein ongelman kohdatessa tavoitettavissa, koska heidän toimenkuvaansa kuului monen muunkin asian hoitaminen. He eivät myöskään aina työskennelleet nostinlinjan läheisyydessä, joten heidän saaminen paikalle saattoi kestää joka tapauksessa tovin.

Täten useimmiten päädyttiin silti toisena mainittuun kohtaan, eli sähköosaston muissa tehtävissä toimivien henkilöiden hakuun vikapaikalle. Tämä keskeytti heidän varsinaiset tehtävänsä, ja vei molempien aikaa. Usein ratkaisu epäselvyyteen, oli se sitten kytkentään tai koeajoon liittyvä asia, saatiin näinkin ratkaistua opastamalla kytkentä tai selvittämällä kytkentävirhe tai -puutos.

Jos itse sähkötaulu vaati korjaamista, haki sähköosaston avustaja paikalle taulusolusta korjaajan. Jotkin asentajat tiesivät, mitkä asiat olivat taulun tekijän korjattavina, ja tulivat suoraan ilmoittamaan ongelmista taulusoluun, tai toivat jopa mukanaan korjausta vaatineen sähkötaulun, varsinkin tilanteissa, joissa sitä ei ollut vielä kiinnitetty.



Iltavuorossa saattoi eteen tulla tilanne, ettei ketään sähköosastolla varsinaisesti avustajana toiminutta henkilö ollut paikalla, ja apua haettiin suoraan taulusolusta, myös edellisessä kappaleessa mainittujen tilanteiden lisäksi. Jos ongelma oli vain esimerkiksi epäselvyys erikoisen rajankytkimen kytkennässä, taulusolun sähkökuvia hyvin ymmärtävä asentaja pystyi auttamaan, mutta nostimen koeajon ongelmat olivat ongelmallisempia. Taulusolun asentajilla ei ollut tietoa nostimen koeajoon liittyvistä ongelmista, mutta tuntemusta sähköohjauksista saattoi löytyä sen verran että ongelmasta selvittiin. Muutoin nostin jätettiin seuraavaan aamuun odottamaan testaamista. Suunnittelun puuttuminen silti esti uusien kuvien saamisen, jos näihin oli tehtävä muutoksia.

#### 4.5.1 Korjausvastaava

Taulusolussa oli määrätty viikoksi kerrallaan *korjausvastaava*, joka pyydettyäessä meni korjaamaan tauluissa esiintyneitä virheitä nostinlinjalle.

Taulusolun työntekijältä tämä katkaisi oman työnteon, sekä aikaa kului korjattavaan työhön paneutumiseen. Myös työntekoa linjalla haittasi ja hidasti työkalujen haku, ellei vienyt koko pakkia mukanaan linjalle, sekä sähköosaston ja nostinlinjan väliä ravaaminen niitä komponentteja ja tarvikkeita hakien, joita nostinlinjalta ei löytynyt.

Jälkeenpäin asennusta vaikeuttaa huono ja ahdas työskentelytila, koska taulu on monesti jo kiinnitetty nostimeen korjaustilanteessa. Myös liitosten uudelleen teko on huono asia jo testatulle taululle. Kytkentä muutoksissa syntyy aina helposti löysiä liitoksia, ja kerran kiristettyjä holkitettuja johtimia ruuviliitoksessa voi olla hankala saada kytkettyä luotettavasti uudelleen.

Korjausvastaavan vastuulla oli myös merkitä tehty korjaustyö Ilmariin sekä erilliseen korjausvihkoon. Korjaukseen kulunut aika merkittiin tähän myös. Näin asiat saatiin laadunvalvonnan tietoisuuteen sekä häiriöaikoja voitiin seurata.

#### 4.5.2 Nostinlinjan HH1 asentajien edellytykset korjaustoimenpiteisiin

Nostinlinjan asentajien koulutus- ja kokemustausta vaihtelee huomattavasti sähköistykseen liittyen. Valitettavasti, koska harvalla asentajalla nostinlinjalla on syvällisempi tietotaito sähköistuksen toteutuksesta nostimissa tai sähköjärjestelmästä ylipäänsä, ei myöskään moni asia selviä kokemuseräisesti kovin tehokkaasti tai ollenkaan.

Lisääntyneet ongelmat ovat seurausta yllä olevien asioiden yhdistymisestä siihen tosiasiassa, että nostimiin on tullut ja tulee kokoajan uusia ominaisuuksia, eli sähköistyksen määrä tulee vain lisääntymään. Tämä tulee aiheuttamaan myös nostimen koeajossa lisää ongelmia, varsinkaan kun se ei tällä hetkellä ole erityisen selkeästi toteutettu.

Aikaisemmin mainittu huono komponenttien saatavuus nostinlinjalla oli myös omiaan vähentämään asentajan mahdollisuutta itse korjata havaitsemaansa vikaa. Olisi myös tärkeää saada tarvittavat työkalut ja mittarit nostinlinjalle.

Myös pätevämpien asentajien siirtyminen eteenpäin linjalla suurempiin ja haastavampiin nostimiin oli muidenkin kuin itseni huomaama asia. Olisi se sitten tiedostettua siirtymistä tai ei, tarkoitti se kääntäen sitä, että pienempien matalavaunullisten nostimien asentajien keskimääräinen pätevyys laski samalla. Toki tämä siirtyminen on perusteltavissa haasteellisemmilla nostimilla, mutta tuotantomäärä on suurempi pienellä puolella. Näin nykyisellä mallilla epäselvien tilanteiden määrä kasvaa.

## 5 Havaittuja ongelmia ja puutteita nostimen sähköistyksessä

### 5.1 Puutteet ja ongelmat taulusolussa

Moni taulun teossa esiin tuleva toistuva työntekoa hidastava ja turhaa työtä aiheuttava asia oli etukäteen tiedossa, mutta moni asia ei ollut edennyt siihen pisteeseen että niille olisi konkreettisesti tehty jotakin.

27.03 oli palaveri, jossa taulusolun asentajat kertoivat havaitsemistaan puutteista työnjohdolle, joka kirjasi ne ylös, joten tieto näistä asioista saatiin toimitettua eteenpäin (liite 1). Ratkaisuja ja vastauksia saatiin joihinkin asioihin nopeasti, eikä kyseisiä asioita tässä käsitellä niiltä osin kuin ne on ratkaistu.

#### 5.1.1 Moottorinletkun vanhentunut johdinsarja

Kohdassa 3.5 esitelty taulun ja moottorin välinen kurkkuletkun sisällä viety johdotus aiheutti jo taulusolussa asentajille turhaa työtä vanhentuneen johdinsarjan ja liian lyhyiden pituuksien takia.

Nykyinen johdotus malli on esitelty aikaisemmin, ja se juontaa juurensa nykyään vähän käytetystä POW-ylikuormasuojan käytöstä. Kyseistä ylikuormasuojasta voidaan käyttää vain kontaktorihjatuissa nostoissa, eli kun käytössä on napamoottori, ja ne ovat vähenemään päin. Se tuo ylimääräisiä johtimia, kun taas usein tarvittavat lämmityksen piuhat vuorostaan puuttuvat sarjasta. Varsinkin pitkien letkujen tapauksessa johtojen veto putken sisälle voi olla hankalaa, koska ne ovat kietoutuneet toisensa ympärille. Usein vaaditaankin kaksi asentajaa muokkauksen toteuttamiseksi ilman kohtuutonta vaivaa.

Jatkossa johdinsarja uusitaan. T-letkut korvataan A- ja S-letkuilla, jotka on täsmällisesti luokiteltu eri sarjoihin suoraan käytettäväksi. Mutta myös perus P-tyyppin sarjat olisi syytä tarkastaa ja mitoittaa uudelleen.

### 5.1.2 Rajakytkimien valmistus ja saatavuus

Työtä tehdessä toteutustapa rajakytkimien suhteen oli se, että normaali vaunusiirron rajakytkin saatiin valmiina varastosta ja kytkettiin tauluun kiinni, ja tarvittaessa mitoitettiin uudelleen. Kytkentätapa siinä vaihtelee esimerkiksi käytetyn siirron ohjauksen taajuusmuuttajan tyypin ja nostimien määrän mukaan, ja näitä tapoja on paljon. Työtä tehdessä ei selvää listaa ollut saatavilla miten kytkentä tehdään, vaan tehtiin kytkentä vain sähkökuvien perusteella. Asentajat halusivat selvän ohjeen tähän, se olisi hyödyllinen myös nostinlinjalla. Myös magneettirajakytkimien kytkentä vaatii tarvikkeiden hakua hallista HH2, joka hidastaa valmistamista turhaan.

### 5.1.3 Tilan puute taulussa

Aikaisemmin työssä esitettyjen asioiden perusteella on tiedossa syyt miksi taulut ovat ahtaita, ja komponenttimäärää vaihtamatta on tilaa vaikea saada lisää. Ahtaimmat taulut olivat leipälaatikot, vaikka komponentit jakautuvat kahteen eri koteloon. Syynä on niiden pieni koko, joka ei silti näy niiden sisältämien komponenttien määrässä.

Vaikka apukotelossa on usein tilaa sen sisältäessä lähinnä siirtomoottorin taajuusmuuttajan sekä riviliittimet, ei komponenttien siirtoa sinne voi tehdä noin vain, koska on tapauksia joissa muuntaja tulee kyseiseen koteloon, ja näissä tapauksissa vapaata tilaa ei jää. Myös modeemi ja CID käsitellään usein yhtenä moduulina, ja niiden erottaminen toisistaan, vaikka se mahdollista olisikin, ei työtä tehdessä vaikuttanut toteuttamiskelpoiselta ajatukselta.

Jatkossa TMV-tyypin taajuusmuuttaja tulee yleistymään nostomoottorin ohjauksessa, ja tämä tulee sijaitsemaan taulussa. Vaikka noston ohjauksen kontaktorit tällöin poistuvatkin, vie taajuusmuuttaja reilusti tilaa, ja sen kytkentä ahtaassa tilassa on vaikeaa. Ratkaisuja tähän oltiin työn aikana selvittämässä, mutta vastauksia ei ollut vielä löydetty.

### 5.1.4 Erikoistyöt

Käytäntö oli että työnsuunnittelija merkitsee Comment For Production-sivulle ("kommenttisivu") työn teossa tuotannossa huomioitavia asioita, mutta aina asiat eivät sinne

päätyneet. Koko sivua ei myöskään saatu, jos tulostus tapahtui Aton-portaalin kautta, esimerkiksi kun normaalisti käytetty E2/E3-cellprinting ohjelma ei toiminut.

Ongelmaksi tällöin muodostui kuinka huomata työssä olevat poikkeavuudet. Ohjeistus on katsoa jokaisen työn kohdalla vaatiiko mitoittaminen tai muu asia erityistä tietoa nostimesta (esim. raideväli) ja hankkia tieto joko nostinkuvasta tai sähköosastolta. Tästä ei kuitenkaan ole selvää toimintatapaa. Ongelma korostuu varsinkin alihankkijoilla, jotka eivät kommenttisivua saa läheskään aina.

Kokenut asentaja voi huomata esimerkiksi työn sisältämien komponenttien tai työmääräimen tietojen perusteella taulun poikkeavuudet, mutta ilmeisesti varsin usein alihankkijoilla nämä jäävät huomaamatta.

#### 5.1.5 Mitoitustaulukon epäselvyydet

Asentajilla oli taulusolussa käytettävänä taulukko, johon sekä moottorin letkun että siirronrajakytkimen kaapelin vaadittu pituus oli merkattu. Taulukko on koostettu aikanaan mittaamalla ja arvioimalla erilaisien nostintyyppien vaatimat pituudet kaapeloinnille. Samainen taulukko on lähetetty alihankkijoille heidän työnsä helpottamiseksi.

Koin itse taulukon osittain epäselväksi, ja ilman opastusta miten sitä luetaan, ja mitä tietyt sarakkeet tarkoittavat, ei lopullinen mitoitus onnistu täsmällisesti. Aikaisemmin mainittu mitoitukseen vaikuttavien tietojen huono saatavuuskin hankaloittaa taulukon käyttöä. Joitakin oletuksia joudutaan usein tekemään.

Toinen asiaan liittyvä epäselvyys oli, että ilmoitettu pituus koskee vain kuorimatonta kaapelin tai letkun osuutta. Varsinkin alihankkijoiden töissä oli jatkuvasti mitoitusvirheitä, ja syyksi tähän pystyi monesti päättelemään epäselvyyden kaapelimitan lukemisessa.

Kuvassa 14 (ks. seur. s.) on toinen puolisko mitoitustaulukosta, joka sisältää QC-runkoisten nostimien taulujen nykyiset mitoitusohjeet. QA- ja QB-runkoisille on oma taulukkonsa, joka on koottu samaan tapaan.

QC

P5-P7

20.03.2012

hko

Vaunun tyyppi		Letkun pituus	Siirron kaapelit kuorinta (mm)	Rajan kaapeli kuorinta (mm)	Valokeno kaapeli	Kotelo E2A	OPTIO Kotelo	Palkin korkeus						
L	max B-mitta 510	2000	1. 1500 300/50	2000 300/50	3000	540x420	540x650							
	B-mitta > 510	2200	2. 2300 300/50		3200									
				+500					>500					
				+1000					>1000					
# Kun B-mitta >510, siirron kaapeli 2 on 2500.														
N	02/ 04köytinen	1300	1& 2. 2300 300/50 kaareva 2800 300/50	3500 300/50	3500	540x420	540x650							
	keskiönostollinen D,E,F						letkuun +100 mm							
	keskiönostollinen G,H,J	1600			+500			>500						
	6/8 köytinen	1700			+1000			>1000						
M	D,H	1300 * (1800)	1. 1500 700/50 2. 3500** 700/50	4500** 300/50	3500**	900x400	1200x400 600x400							
	W					900x250	600x250+600x250							
	6/8-köytinen	letkuun lisätään 250mm												
	keskiönostollinen katso taulukko													
	* Letkun pituus muuttuu raidelevyden mukaan Esim. Raideväli 1800 mm 1300+((1800-1400)/2)=1500													
JOS keskiönostollinen, letku lyhenee telan muuttuessa katso taulukko														
** kaapeli pitenee suoraan raidelevyden muutoksen verran														
F	02/ 04köytinen	1300				540x420	540x650							
	6-8 köytinen telat D/E	1200												
	6-8 köytinen telat F/G	1500												
	keskiönostollinen	1000												
V		1400	Letkun suunta voi olla oikealle tai vasemmalle, tarkastettava köysityksen mukaan.			540x420								
M-VAUNUT	2/4-köytinen	6/8-köytinen		keskiönostollisen telojen vaikutus										
raideleveys	D/E	F	G	D	E	F	G	D -0	E -60	F -135	G -230	H -323	J -523	K -680
1200	1200	1200		1300				1250	1200					
1400	1300	1300		1550	1550			1300	1250	1150	1050			
1700	1450	1450	1450	1700	1700	1700		1450	1400	1300	1200	1150		
2000	1600	1600	1600	1850	1850	1850	1850	1600	1550	1450	1350	1300	1050	
2400	1800	1800	1800	2050	2050	2050	2050	1800	1750	1650	1550	1500	1300	1150
2700	1950	1950	1950	2200	2200	2200	2200	1950	1900	1800	1700	1650	1450	1300

Kuva 14. Mitoitustaulukko (Letkujen mitoitus 2012)

Mitoitukseen vaadittavien tietojen hankkiminen oli joskus vaikeaa, koska vain osa niistä ilmoitettiin työmääräimessä. Ilman riittäviä tietoja ei taulukosta ollut hyötyä.

### 5.1.6 Läpivientien puutteellinen ohjeistus

Kaapelikiristimien eli nippojen sijoittelussa ja joskus koon valitsemisessa oli epäselvyyttä. Niin sanotussa nippalistassa, josta sopivat nipat valittiin tulevien kaapeleiden perusteella, oli puutteita, koska käytetyt kaapelit olivat osittain vaihtuneet. Myös joitakin käytäntöjä oli vaihdettu listan teon jälkeen. Kokeneempien asentajien olikin tarkastettava listan perusteella valitut nipat, jotta niissä ei ollut virheitä. Nippojen sijoittelua varten oli tehty layout-kuvat joista niiden position selvisivät. Silti tietyt asiat kuten keskiönoston ja köysimäärän vaikutus ylikuormasuojan läpivientien suuntaan jäivät monesti huomioimatta.

Sijoittelulla oli käytännössä merkitystä lähinnä niissä kotelotyypeissä, joissa kummasakin taulun päädyssä oli laippa, joiden läpi kaapelit nostimen komponenteille tuodaan. Vaunun ja köydentelan tyypistä riippuu kumpaan päähän eri nipat sijoitetaan.

Kuvassa 15 osa nippalista, josta näkyy miten nippa valitaan kullekin kaapelille.

<u>Kumikaapeli</u>	<u>H07RN</u>	<u>Ø</u>	<u>NIPPA</u>	<u>AWG-Kaapeli</u>	<u>Ø</u>	<u>NIPPA</u>
H07RN-F2G1,5		9	M16	SO2xAWG16	9	M16
H07RN-F3G1,5		10	M20	SO4xAWG16	11	M20
H07RN-F4G1,5		11	M20	SO5xAWG16	13	M25
H07RN-F5G1,5		12	M20	SO8xAWG16	17	M25
H07RN-F7G1,5		16	M25	SO12xAWG16		M25
H07RN-F12G1,5		18	M32	SO4xAWG14	16	M25
H07RN-F4G2,5		13	M25	SO8xAWG14	20	M32
H07RN-F7G2,5		19	M32	SO4xAWG12		M32
H07RN-F12G2,5		22	M40	SO4xAWG10		M32
H07RN-F24G2,5		28-36	M50	SO4xAWG8		M40
H07RN-F4G6		17	M32	SO4xAWG6	21	M40
H07RN-F4G10		22	M40	SO4xAWG4		M50
H07RN-F4G16		25	M40	SO4xAWG2		M50
H07RN-F4G25		29	M50	SO4xAWG0		M63
H07RN-F4G35		32	M50			
H07RN-F4G50		37	M63			
H07RN-F4G70		47-54	FL21			
H07RN-F4G95		53-61	FL21			
H07RN-F4G120		53-66	FL21			
H07RN-F4G150		66-74	FL21			

<u>Torvi / valot</u>	<u>Ø</u>	<u>NIPPA</u>
GAMA 2G1,5	8	M12
GAMA 4G1,5		M16
(Unica)3G1,5 CSA	8	M16

Kuva 15. Nippalista (Nipponin mitoitus 2009)

#### 5.1.7 Nostimen mekaanisten tietojen ja kuvien puuttuminen

Nostinkuvan eli mekaanisen kuvan nostimesta saaminen oli ongelma taulusolussa. Kuvaa tarvitaan tapauksissa joissa työ ei ole täysin standardinostin. Kuvasta tauluntekijän kannalta selviää esimerkiksi moottorinletkun pituus, läpivientien suunnan valitseminen tai poikkeuksellinen kaapin asettelu.

Joskus kuva tulostui automaattisesti työn sähködokumenttia tulostettaessa, tai kuvan numero oli mainittu dokumenteissa, jotta se voitiin itse tulostaa Atonista. Usein kuvaa jouduttiin kuitenkin erikseen pyytämään suunnittelulta.

Myös muuten puutteelliset mekaaniset tiedot aiheuttivat päänvaivaa. Kaapelin mitoitus-ta varten B-mitta, eli raideleveys, oli merkitty taulun työmääräimeen, mutta esimerkiksi palkin korkeus ei. Näitä jouduttiin etsimään erilaisista paikoista Ilmari-järjestelmän kautta, ja silloinkin tieto saattoi jäädä saamatta. Tämän tiedon etsimistä ei ollut myöskään opastettu asentajille, joten kaikki eivät sitä osanneet hakea. Ongelma korostui varsinkin iltavuorossa, jossa suunnittelua ei ollut enää tavoitettavissa.

Yksi ongelmien aiheuttaja vaikutti tässäkin, nimittäin sähkösuunnittelun tekeminen ennen mekaanista suunnittelua. On mahdollista että taulun tekijän tehdessä taulua ei mekaanista kuvaa ole saatavilla koska sitä ole tehty.

#### 5.1.8 Tilausten muutosten ilmoittaminen suunnittelulle

Yleensä selvä suunnitteluvirhe juonsi juurensa jossakin välissä tilausprosessia tapahtuneesta muutoksesta, josta tieto ei ollut mennyt eteenpäin, ei ainakaan riittävän ajoissa. Esimerkiksi siirtomoottorityyppi saatettiin vaihtaa, ja niitä tarvittiinkin yhden sijasta kaksi kappaletta, mutta sähkösuunnittelijalle tästä ei tullut mitään tietoa ja hän teki sähkösuunnitelmat alkuperäisien tietojen pohjalta.

### 5.2 Nostinlinjan ongelmakohdat

#### 5.2.1 Nostomoottorin kurkkuletku

Nostomoottorin ja sähkötaulun välisen kurkkuletkun väärä pituus on kootun laadunvalvonnan tilastotiedon (ks. s. 33 taulukko 1) ja asentajien tuntemuksen mukaan eniten virheitä määrällisesti ja etenkin ajallisesti aiheuttava yksittäinen ongelma nostinlinjalla. Tämä siis HH1:ssä, koska HH2:ssa asentajat itse mitoittavat ja asentavat kurkkuletkut.

Ongelma on jatkunut pitkään, ja siihen ei ole löytynyt suoraa lääkettä. Asian selvittämiseen yritin kerätä kaiken mahdollisen tiedon asiaan liittyen, jotta ongelmakohta löytyisi.



Kurkkuletkun vaadittavaan pituuteen vaikuttavia asioita ovat

- runkokoko (QA, -B, -C, -D, -E)
- vaununtyyppi (L, N, M, H, W, F, V)
- köydetelanpituus/-tyyppi (D, E, F, G, H, J / R0X, R2X)
- köysien lukumäärä
- raideväli (kaksipalkkinostimessa)
- B-mitta/raideleveys (yksipalkkinostimessa)
- kaapeloinnin reitti.

Taulusolua varten oli koostettu taulukko, johon letkun vaadittu mitta oli tyyppikohtaisesti merkitty, ja yllä olevat asiat on huomioitu.

B-mitta merkitsee L- ja N-vaunuissa, koska se määrää sähkötaulun etäisyyden nostomoottorista. Tämä ei silti aiheuta yleensä ongelmia letkun kanssa, koska pituus vaihtelee niin vähän että vakiomitta riittää useimmiten. Ääritapaukset on huomioitu lisämitoituksella. B-Mitta on ilmoitettu taulusolun työmääräimessä.

Kuten aikaisemmin luvussa 3.6 mainittiin, ei vakiotöissä ole ongelmia letkun pituuden kanssa reitityksen ollessa melko selkeä. Erikoistapauksissa on suunnittelija mitoitusohjelmalla yrittänyt arvioida vaaditun letkun pituuden nostimen mekaanista suunnitelmaa pohjana käyttäen. Nostinkuvaan on piirretty letkun reitti, ja ohjelma laskee pituuden automaattisesti tämän perusteella.

Valitettavasti käytäntö ja teoria eivät kohtaa aina täysin, ja letku jää usein liian lyhyeksi. Syinä tähän on se, että letku ei kulje pelkästään vaakatasossa, vaan elää myös syvyys suunnassa, ja tähän voi syntyä juuri ne kriittiset 10 - 20 senttimetriä lisää pituutta, jotka tekevät mitoitetun letkun liian lyhyeksi.

Siitä ottaako käytetty ohjelma ja suunnittelija tätä huomioon en saanut täyttä varmuutta, mutta selvää on, että tasokuvasta arvioiden ei letkun mittaa voi täysin oikein kaikissa tapauksissa mitoittaa.

Toinen syy letkun väärälle mitalle on se, että asentajilla on oma näkemyksensä mistä letku tulisi viedä, ja suunnittelijan ehdotus voidaan korvata omalla reitillä, jolloin seurauksena voi olla myös letkun lyhentäminen. Suunnittelun reitin muuttaminen saattoi johtua suunnittelijan virheestä tai omasta näkemyksestä reitille.

Kolmas syy on tauluntekijän puutteellisista nostimen tiedoista syntyvä mitoitusvirhe. Jos nostinkuva ei ole taulun tekijän saatavilla, tai hän ei sitä keksi hankkia, eli havaita työssä olevan mekaaninen poikkeus, on epänormaali letkun pituus yksi niistä asioista jotka helposti jäävät huomioimatta. Myös aiemmin mainitun taulukon lukeminen voi olla hankalaa niin monen asian vaikuttaessa letkun pituuteen.

Alihankkijoilla puutteellisten tietojen takia tulleita virheitä on vielä enemmän, koska saatavilla on vähemmän tai hankalammin tietoa nostimesta, esimerkiksi nostinkuva pyydetään aina erikseen sähköpostilla jne.

Letkun lyhentäminen vaatii usein johtimien lyhentämistä moottorin päästä, jos johtimia ei voida vetää takaisin taulun sisälle kaapelikouruun. Moottorin pään johtimet ovat holkittuja, niissä on abiko- tai molex-liittimet kiinnitettyjä, joten lyhentäminenkin vie reilusti aikaa.

Pidentäminen ei onnistu käytännössä ilman koko letkun vaihtamista, jolloin taulun puoleinen pää joudutaan kytkemään uudelleen. Vanhojen liitosten irrotus ja uusien siististi asentaminen vie myös paljon aikaa ja on ahtaan tilan takia tässä vaiheessa hankalaa, sekä huonoja liitoksia muodostuu helposti.

## 5.2.2 Vaunusiirron rajakytkimen ja moottoreiden kaapelien pituus

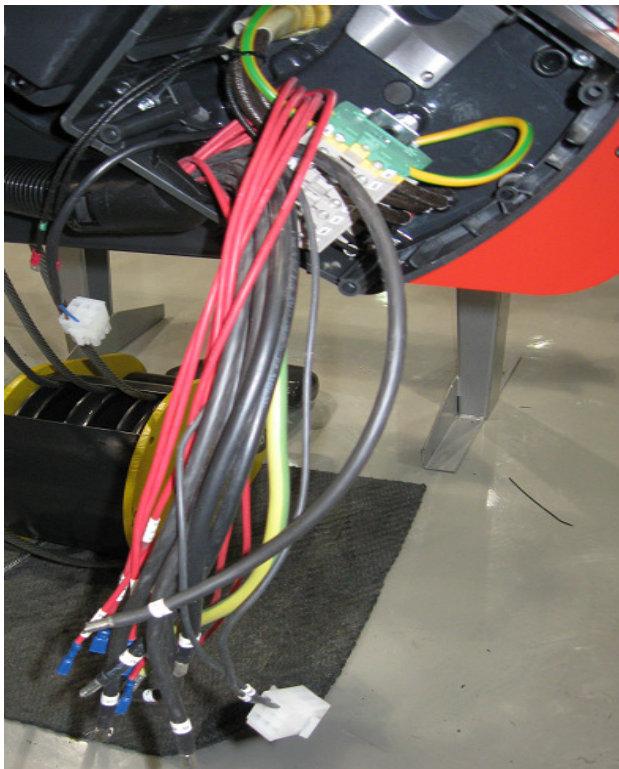
Siirronrajakytkimen kaapelin pituus oli myös merkattu samaan taulukkoon, ja samat mitoitus ongelmat koskivat sitä, eli taulukkoa luettiin väärin tai tarvittavia mitoitus tietoja ei ollut saatavilla. Mutta sen pituus ei ole niin kriittinen ja mitta harvemmin jää liian lyhyeksi, eikä ylimääräinen pituus myöskään aiheuta ongelmia.

Siirtomootoreiden kaapeloinnissa asia on hieman mutkikkaampi. Muiden kuin L- ja N-vaunullisten töiden siirtomootoreiden kaapelit kytkee nostinlinjan asentaja. Siirtomootoreiden kaapeleiden reitit on merkitty samoihin kuviin kuin moottorin letkun reitit (intrapalvelu: Kaapelointi reititys – 6604815). Ongelmia linjalla tulee siis vain tapauksissa, joissa kaapeli on valmiiksi kytketty, koska muissa tapauksissa nostimen asentaja voi itse määrittää sopivan kaapelin pituuden nostimeen sitä asentaessaan.

Lähinnä alihankkijoilta oli tullut tuotteita, joissa esimerkiksi sitä ei ollut huomioitu, että vaunu oli kaarevaratainen jolloin siirtomootoreiden kaapeleiden tulisi olla normaalia pidempiä, ja ne ovat jääneet lyhyiksi. Tällöin myös annetun mitoitusaulukon tulkinnassa on voinut olla ongelmia.

Moottorin kurkkuletkun kytkennässä taas moottoripesän tila voi erittäin ahdas. Usein asennukset on mahdollista sinne mahduttaa, mutta ahtaimmissa töissä joudutaan hakemaan sopivaa asetelmaa, jotta kaikki johtimet mahtuvat kotelon sisälle. Moottorilta tulevat alkukokoonpanossa asennetut johtimet ovat usein tarpeettoman pitkiä, ja tämä kuluttaa vapaata tilaa, koska johtimet ovat kytkentävalmiina (holkitettuina jne.).

Myös letkusta tulevat johtimet ovat runsaanpituisia, joskus jopa turhan pitkiä. Vaikka reilu pituus on siitä hyvä, että liitännät voi asetella vapaammin moottoripesään, on liian pitkiä johtimia joskus lyhennettävä. Kuva 16 (ks. seur. s.) havainnollistaa ongelmaa. Ylhäällä näkyy moottoripesä kytkentäriveineen, ja ulos työntyvät johtimet jotka pitäisi kytkeä ja mahduttaa moottorin pesään.



Kuva 16. Liian pitkät johtimet moottorin kytkentään

Myös molex-liittimien kanssa oli paljon ongelmia. Molex-liittimien yhdistäminen vaatii, että jokainen yksittäinen pinni yhdistyy. Pinnit olivat joskus jo tehtaalle tullessaan puristettu väärin, ja ne karkailivat liittimissä. Tästä tehtiin reklamaatio valmistajalle, ja asiaan pitäisi tulla muutos.

Toinen syy huonoon liitokseen on niiden purkauksesta johtuva pinnien löystyminen, joka joudutaan tekemään valmiita johdinsarjoja muokattaessa taulusolussa.

Tätä availua joudutaan tekemään jokaisessa EDGE QB-runkoisten valmiissa kurkkuletkussa, koska siinä pitää vaihtaa valmiiksi asennettu vastamutteri QB-runkoisen suurempaa moottoripesää varten.

### 5.2.3 Sähkökomponenttien saatavuus nostinlinjalla

Joskus taulusolusta haettiin asentajia tekemään pieniä korjauksia vain sen takia, että nostinlinjalla ei ollut saatavilla perusliitäntäkomponentteja kuten riviliittimiä ja kaapeliki-ristimiä. Varmasti esimerkiksi ylimääräisten maadoitusliittimien, tai peruskoon nippojen helppo saatavuus saisi asentajan itse lisäämään kyseiset liittimet niiden puuttuessa,

aikaisemmin kun sama vaiva oli hakea tauluntekijä korjaamaan taulu koska itse joutui sähköosastolle kumminkin menemään. Tämä on myös omiaan lisäämään kynnystä nostinlinjan asentajalle ryhtyä korjaustoimenpiteisiin yksinkertaisten mutta oleellisten puutteiden korjaamiseksi.

#### 5.2.4 Nostimen koeajamisen ongelmat

Nostimen toimintojen testaamisessa asentajalta vaaditaan ymmärrystä koneiston toiminnasta. Tämä korostuu varsinkin vikatilanteen sattuessa tai ongelman kohdatessa. Koeajossa esiintyvät ongelmat liittyvät harvoin mekaaniseen puoleen, rajakytkimiä lukuun ottamatta, joten sähkökomponenttien tarkoitus on oltava selvillä jotta vikaa voidaan lähteä selvittämään.

Käytännössä ongelman kohdatessa toimintatapa oli sama kuin muidenkin ongelmien kohdalla, eli apua haettiin sähköosastolta, muttei lähtökohtaisesti taulusolusta, koska heillä ei ole kokemusta nostimen koeajosta. Joskus tosin iltavuorossa muun henkilöstön poissa ollessa yritettiin vikaa selvittää yhdessä taulusolun asentajan kanssa.

Aikaisemmin mainittu tyhjätaulu, joka ei siis sisällä kuin korkeintaan riviliittimet ja vahvistimen, vaatii testausta varten sähkökuvien lukutaitoa. Kytkenät tehdään kuvan mukaisesti suoraan riveille, tai pistoketapauksessa rakennetaan adapterin kautta itse. Tyhjätaulullisten kojeistojen koeajamisessa oli eniten epäselvyyttä, mutta tästä oli ohjeistusta asentajille järjestetyssä sähkökoulutuksessa (ks. luku 6.2.1).

Erilaiset rajat, ja ylipäänsä normaalista varustelusta poikkeavat komponentit, aiheuttivat myös paljon päänvaivaa testissä. Suoraa ohjeistusta niiden vaikutukseen nostimien testaamisessa ei voida antaa, vaan jokainen tilanne on katsottava tapauskohtaisesti kuvista.

Myös testauskoneistossa oli haasteensa. Syöttöä vahtivien vikavirtasuojien tyypit ovat vääränlaisia taajuusmuuttajakäyttöä ajatellen, koska ne kapasitiivisen reaktanssinsa vuoksi aiheuttavat vuotovirtaa maihin, joka laukaisee vikavirran normaalissakin tilanteessa. Ongelma on yleensä ohitettu irrottamalla maadoitusjohdin taajuusmuuttajasta. Suuremman kokoluokan TMV-laitteissa maadoitus tapahtuu silti vielä kiinnitysruuvin kautta, ja koeajon suorittamiseksi on taajuusmuuttaja irrotettu pohjalevystä koeajon ajaksi. Varmistukseksi taajuusmuuttajaa on koeajettu normaalisti kiinnitettynä

testipaikalla, jonka syötössä olevat vikavirrat kestävät laitteen vuotovirrat, mutta jossa kaikkea koeajoa ei voida suorittaa.

Nostinlinjaa syöttävälle sähköjärjestelmälle tehdään perusteellinen saneeraus tulevaisuudessa, ja yllä mainittu vikavirran laukeamisongelma poistuu samalla. Nykyään käytetty tapa on kyseenalainen jo sähköturvallisuuden kannalta.

#### 5.2.5 CID:n ja taajuusmuuttajien parametointi

CID:n parametointi aiheutti muuttuneen parametointiohjelman takia huomattavasti ongelmia linjalla. Koska kyse on ohjelmoinnillisesta virheestä, vikaa pystyi useimmiten vain arvailemaan ennen parametrien tarkistamista tietokoneelta. Osan ongelmista aiheutti suoraan käytetty ohjelma, osassa oli itse parametrit suunnittelun puolesta väärin.

Suurin osa taajuusmuuttajista sähkötauluissa on dip-kytkimillä parametroituja. Näiden säätäminen oli silloin tällöin unohtunut syystä tai toisesta taulun tekijältä, ja nostinlinjalla olikin aina tarkistettava parametrien säätö. Säätöön liittyi eräs ongelma: dip-kytkimet saattoivat katketa. Tämä aiheuttaa koko laitteen uusimisen. Kytkeitä säätäessä katkeamista ei välttämättä huomaa, ja joskus on linjalle tullut tauluja, joissa jokin kytkin on ollut katki. Nämä kun voivat päästä testistä silti läpi.

Jatkossa kun taajuusmuuttajia lisääntyvässä määrin parametroidaan ohjelmallisesti, voi vikojen esiintyminen niissä lisääntyä. On myös vielä epäselvää missä parametointi tapahtuu jatkossa: taulusolussa, testausvaiheessa vai nostinlinjalla. Jos kytkimillä parametroitavia laitteita tulee linjalle nykyään ilman parametreja, niin on riski että näin käy myös uusissa sähköisesti parametroitavissa laitteissa. Parametroinnin tarkistaminen ja uudelleen ajo ei onnistu yhtä helposti näille laitteille.

## 6 Ratkaisuja ongelmiin

### 6.1 Taulusolun asentajien tutustuttaminen loppukokoonpanoon

Moni taulun teossa syntyvä ongelma johtuu yksinkertaisesti siitä, että asentajalla ei ole tietämystä nostimesta jota varten kyseinen sähkötaulu on rakennettu. Itselleni selvisi jo viikossa huomattava määrä asioita joita taulusolussa useamman viikon ajan työskennellessäni jäi epäselväksi. Myös monia asioita joita taulua tehdessä ei tule edes miettiä, jotka silti oleellisesti liittyvät tauluun nostinlinjalla tehtäviin asennuksiin, pystyy näkemään vain itse molempia asennusvaiheita tekemällä. Hämeenlinnassa tehtävät taulut ovat yksinkertaisesti niin vaihtelevia, että ohjeistusta esimerkiksi taulukon muodossa on hyvin vaikeaa rakentaa.

Yllä olevista syistä johtuen, vain viikonkin kestävä taulusolun asentajien tutustuminen nostimiin työskentelemällä nostinlinjalla voisi vähentää jatkossa korjausta vaativaa työntekoa linjalla, sekä nopeuttaa molempien osapuolien työntekoa. Samanaikaisesti tietysti voisi loppukokoonpanon asentaja tulla tutustumaan taulujen valmistukseen. Tästä voisi olla apua nostinlinjan asentajien pätevyyden edistämisessä. Tätä ideaa piti joskus kokeilla aikaisemmin, mutta se keskeytyi kiireisiin tuotannossa.

### 6.2 HH1:n nostinlinjan asentajien sähkökoulutus

HH1:n nostinlinjalla asentajien koulutus- ja kokemustaustat vaihtelevat suuresti. Suurimmalla osalla ei ole sähköalan ammatillisia tutkintoja, ja koulutus yrityksen sisällä aikaisemmin on jäänyt pitkälti työhön perehdyttäjän oppien varaan. Käytännössä tekemällä on opittu selviämään sähköistyksen kanssa.

#### 6.2.1 Tuotannolle HH1 järjestetty sähkökoulutus

Nostinlinjan HH1 loppukokoonpanon asentajille järjestettiin Riihimäen koulutustiloissa koulutus, jossa tutustuttiin lyhyesti nostimien rakentamiseen liittyvään sähköistykseen. Koulutus sisälsi sekä teoriaosuuden sekä käytännönharjoituksia.

Teoriaosuudessa käytiin läpi nosturin sähköjärjestelmää. Ensiksi tutustuttiin tiettyihin ohjauksen toteutustapoihin kuten kontaktorinostoon ja taajuusmuuttajiin, sekä esiteltiin nostomoottoreiden valintaperusteita.

Tämän jälkeen paneuduttiin sähkökuvien lukemiseen, mitä mikin merkintä tarkoittaa ja miten sähködokumenttia voi hyödyntää vian etsinnässä. Myös tiettyjä vakiintuneita sähköistyksen toteutustapoja, kuten jarrunohjausta, selvitettiin tarkemmin. Harjoitukseksi tutkittiin miten ohjauskäsky painikkeelta lopulta päättyy ohjaamaan kontaktoria ohjausjännitteellä, ja mitä muuta tapahtuu todellisuudessa painiketta painettaessa.

Käytännön harjoituksessa jakauduttiin ryhmiin ja etsittiin nostimesta vikaa yleismittaria apuna käyttäen. Aluksi tutkittiin mikä vika oli, ja sen jälkeen kuvia lukien kokeiltiin mittarilla jatkuuko ohjaus halutulla tavalla haluttuun pisteeseen, ja paikannettiin vika.

Toinen harjoitus liittyi nostimen ns. tyhjäntaulun testaamiseen. Tyhjässä taulussa joudutaan ohjauksen komponentteja simuloimaan testauslaitteistolla, koska taulussa ei ole kuin kytkentää varten liittimiä. Kytkenä vaatii sähkökuvien lukemista, sekä perussuureiden, kuten jännitteen ja taajuuden, vaikutuksen ymmärtämistä testaamiseen. Lähinnä harjoituksessa näytettiin miten eri kytkennät tehdään, ja miten nostin luotettavasti testaan. Myös omia kysymyksiä sai esittää aiheeseen liittyen.

Koulutuksessa oli asentajia alle vuoden, sekä kymmenien vuosien työkokemuksen väliltä. Viesti molemmilta oli sen suuntainen, että tämänlainen koulutus olisi pitänyt järjestää jo perehdytysvaiheessa. Useimmilla asentajilla ei ollut ennen koulutusta sähkökuvien peruseriäotteita tiedossa. Syvällisemmät sähköistyksen asiat olivat myös useimmille täysin vieraita.

Rivienvälistä oli luettavissa, että vaikka nostimet ovat ja ovat aina olleet sähkönostimia, niiden kokoonpano ja testaaminen eivät ole vaatineet kuin tiettyjen peruseriäotteiden, ns. ”vihkosääntöjen” osaamista sähköistyksen kannalta. Täten vian eteen tullessa ei ole osalla asentajista ollut mitään mahdollisuuksia ongelmaa selvittää.

#### 6.2.2 Lisäkoulutus mahdollisuudet

Konecranes tarjoaa oppisopimuksella mahdollisuuden hankkia sähköalanperustutkinto, joka on räätälöity nostimen sähköistystä silmällä pitäen. Olisi hyvä saada joitakin



asentajia koulutukseen, koska he voisivat jatkossa toimia myöhemmin mainittavina nostinlinjan neuvonantajina tai opastajina, ja kuormitus sähköosastolta vähenisi.

Koska ratkaisuja nostinlinjan ongelmiin täytyy pystyä selvittämään sisäisesti nostinlinjalla, tulisi sähkökoulutusta ylipäänsä lisätä niille joilla ei sähköalan ammattitutkintoa ole. Tämä on myös turvallisuuskysymys. Sähkötyöturvallisuustutkinto pitäisi olla käytyinä hyväksytysti kaikilla nostimenkoeajoon osallistuvilla, työtä tehdessä näin ei vielä ollut.

Uusia työntekijöitä työhön perehdytettäessä olisi myös syytä huomioida työntekijän koulutustausta. Ei ole tarpeen mukaista alkaa kouluttamaan työn tekoa varten sähköistystä kokonaisuutena, mutta tietyn asteinen toiminnan ymmärtäminen nostaa myös työntekijän työmotivaatiota. Perehdyttäjä on suuressa roolissa tässä.

### 6.3 Joidenkin nostinlinjan asentajien koulutus avustajiksi

Parempi idea mielestäni on myös nykyisten nostinlinjan avustajien toimesta tullut ajatus kouluttaa työntekijä nostinlinjan jokaiselta sektorilta (matala AB, matala C, 2-palkki, ja ylävaunu) tai muutama muu muulla jaolla siten, että hän pystyy avustamaan muitakin työntekijöitä vioissa, jotka eivät vaadi suurempaa taulun korjausta. Jos hän ei kykene itse ratkaisemaan ongelmaa, niin tullaan sähköosastolta hakemaan lisääpua.

Sähköalankoulutuksen omaavalle henkilölle asioiden opastaminen ei vaadi kauheasti aikaa, kyse on enemmän halukkuudesta lähteä ideaan mukaan. Valituille henkilöille voisi järjestää jonkinlaisen koulutuksen, ja tämän lisäksi tai tämän sijasta hän oppisi tehtävään olemalla mukana jonkin aikaa edellisessä luvussa mainittujen sähköosaston avustajien kanssa ongelmien korjauksessa. Käytäntö on kuitenkin tässäkin tapauksessa se paras oppi, koska monet ongelmia aiheuttavat asiat ovat toistuvia, mutta myös taustatieto, kuten kuvienluku taito ja toimintaperiaatteen ymmärtäminen, pitäisi olla hallussa.

Myös aikaisemmin mainittu taulujen tekoon tutustuminen olisi hyvä yhdistää tähän ajatukseen. Sen lisäksi, että hetken aikaa vain taulujen kanssa työskentelemällä oppisi sähköistuksen perusteita, voisi itse taulujen korjaus jatkossa onnistua helpommin nostinlinjan toimesta.

Tämän idean voisi tietysti myös yhdistää yrityksen tarjoamaan oppisopimuksen kautta saatavaan ammatilliseen koulutukseen, josta mainittiin kohdassa 6.2.2. Eli kaikki hakukkaat koulutustaustasta huolimatta voisivat avustajiksi ryhtyä. Avustajiksi haluavia kun ei välttämättä nykyisen asennoitumisen takia ole liiaksi asti.

Näillä toimilla saataisiin lähtökohtaisesti minimoitua sähköosaston osallistumista nostinlinjan toimintaan, helpottamaan muiden nostinlinjan asentajien avunsaantia sekä saamaan ammattitaitoisempia asentajia nostinlinjalle.

Toki selvää korjausta vaativat taulun virheet, kuten jonkin komponentin puuttuminen, saattaisi olla jatkossa edelleen helpointa korjauttaa taulun tekijöillä. Ja muiden isompien ongelmien kanssa sähköosasto toki avustaisi, mutta nämä ongelmat ovat varsin satunnaisia yksittäistapauksia.

Myös kuvien muuttaminen tai päivittäminen suunnittelun kautta saattaisi onnistua sisäisesti nostinlinjalla ajan saatossa, kun riittävä alkusysäys uudelle toimintamallille on saatu. Tämä kun joudutaan nykyään joka tapauksessa teettämään sähköosaston kautta.

### 6.3.1 Nostinlinjan avustajat sähköosastolta

Työtä tehdessä ilmoilla oli myös idea, jossa yksi tai kaksi henkilösähköosastolta toimivat avustajina kokopäiväisesti. Itse en näe tätä toimivana ratkaisuna, ja samaa mieltä olivat myös avustajiksi suunnitellut henkilöt. Jos tähän kuitenkin päädytään, täytyy varmistaa henkilöiden saatavilla olo sekä aamu- että iltavuorossa. Nykyiset ongelmat kärjistyvät juuri iltavuorossa kun henkilöstöä ei ole paikalla. Toisaalta myös suunnittelun ollessa tavoittamattomissa, ei iltavuoron ongelmia voida yksinään avustajan paikalla ololla ratkaista.

Toinen sudenkuoppa ideassa on nykyisen järjestelyn kautta nähty työnkuvan laajentuminen tai lisääntyminen ajan saatossa, ja todennäköisesti myöhemmin tämä malli ei juuri eroaisi nykyisestä, koska avustajalla olisi kohta muutakin tehtävää nyt suunnitellun lisäksi. Vaikea toisaalta nähdä, että avustaja voisi pelkästään olla täysipäiväisesti nostinlinjalla odottamassa virheiden sattumista.

Silti tämä idea, koska se on jo alkusysäyksen saanut, voisi nostinlinjalta koulutettavien avustajien opastuksen kannalta olla hyvä asia. Kyseiset henkilöt kun voisivat helposti hakeutua mukaan seuraamaan avustajan toimia kun hän on jatkuvasti linjalla.

Sähköosaston halu päästä eroon nostinlinjanongelmista saisi varmasti yllämainitun ajatuksen toimimaan, eikä opastus tai sen antamisen motivaatio jäisi puolitiehen.

### 6.3.2 Sähkötaulujen korjaus sisäisesti nostinlinjalla

Vaikka on selvää jo yksinkertaisesti komponenttien saatavuuden takia, ettei kaikkea korjaamista voida nostinlinjan sisäisesti tehtäväksi siirtää, voisi silti vain pientä muok-  
kausta tai korjausta vaativat asiat siirtää nostinlinjan asentajien vastuulle.

Tämän toteuttamiseksi voidaan ensiksi avustajan opastamana katsoa mikä puutos on, ja toteuttaa korjaus joko asentajan itse tekemänä, tai suuremman vian kohdalla hake-  
malla taulusolusta korjaaja paikalle. Tässäkin väliaikainen nostinlinjan asentajien tau-  
lusolussa työskentely voisi tuoda tarvittavaa tietoa taitoa linjalle.

Korjausta voidaan vaatia tehtäväksi nostinlinjalla perustelemalla sitä sillä, että tämä onnistuu HH2:ssakin, jossa asentajat eivät ole työskennelleet välttämättä taulusolussa, vaan heillä on jokin sähköalan koulutus, kuten osalla HH1:nkin asentajista.

Riviliittimiä ja muita peruskomponentteja pitää tosin olla nostinlinjalla helposti saatavil-  
la, jotta korjausmenettelyä voitaisiin toteuttaa järkevästi. Yksi tai kaksi sähkökompo-  
nenttiyhyllyä ei vaadi vielä hirveästi tilaa.

## 6.4 Ongelmien kirjauksen täsmällisyys laadunvalvontaa varten

Koska laadunvalvonnanhenkilöt, jotka käsittelevät kirjattuja puutteita ja ongelmia, eivät  
ole itse paikalla virhettä tai ongelmaa kirjatessa, aiheutuu suurta turhaa selvittelyä tilan-  
teesta jossa ilmoitus asiasta on tehty puutteellisesti.

Esimerkiksi sen sijaan että kirjataan ”letku liian lyhyt, pidennettiin”, pitäisi kertoa ”moot-  
torinletku X33 liian lyhyt -> vaihdettu 1300 mm:n pituudesta 1700 mm:iin”.

Kirjauksen tekijällä on tieto merkata puutteet kunnolla ilman suurta vaivaa, mutta ulkopuoliselle asian selvittäminen jälkikäteen voi olla yllättävän hankalaa. Kirjauksesta voidaan myös sopia taulusolusta tulleen korjaajan kanssa, koska heidän kuuluu myös kirjata asia Ilmari-järjestelmään. Letkun pituudet ja vastaavat ovat helpommin heidän merkittävissä. Yksi kirjaus asiasta riittää, koska kaikki päätyvät kumminkin Ilmari-järjestelmään tavalla tai toisella.

## 6.5 Moottorinletkun mitoittaminen ja asentaminen HH1:ssä

Nykyinen tapa, jossa kaikkia HH1:ssä valmistettavia nostimia varten taulusolussa asennetaan valmiiksi moottorinletku, on ongelmallinen. Syitä tähän on käyty aikaisemmin työssä läpi, ja täysin varmaa tapaa jolla mitoitus aina onnistuu, ei voi tehdä toimintamallissa, jossa taulusolu asentaa valmiiksi letkun.

Tämän takia ratkaisuna voisi olla nykyisen ja HH2:n tavan välimuoto, jossa kaikissa muissa paitsi selkeästi mitoitettavissa kohteissa nostinlinja itse mitoittaa ja asentaa letkun. Tämä voisi turhien pidennysten ja lyhennysten lisäksi antaa nostinlinjan asentajalle vapautta valita tarkka mitta, jotta hän saa letkun kiinnitettyä haluamallaan tavalla.

Yksi selkeä jako voisi olla, että kaikkiin matala- eli L-vaunullisiin nostimiin rungonkoosta riippumatta asennettaisiin taulusolussa letku, ja lopuissa malleissa nostinlinjalla. Tämä siksi, että L-vaunullisissa aisaputken läpimenevä letku on selkeästi mitoitettavissa, eikä pituuteen vaikuta työkohtaiset asiat. Näin siinä tapauksessa ei myöskään esiinny virheitä.

Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että kahden neljästä sektorista nostinlinjan loppukoonpanossa ei tarvitsisi edelleenkaan asentaa letkuja, koska niissä tehdään juurikin L-vaunullisia nostimia. Syy minkä takia osa letkuista asennettaisiin edelleen taulusolussa on se, että sen asentaminen on helpompaa ja joutuisampaa taulusolun kuin nostinlinjan asentajalle.

Käytännössä jaon voisi tehdä monestakin kohdasta, mutta esimerkiksi ylävaunujen jättäminen taulusolun asentajien vastuulle toisi jo niin paljon mitoituksen vaihtelevuutta että hyöty jäisi pienemmäksi.

Kaikkien moottoriletkujen asentaminen linjalla tuntuu hieman kestävämmältä ajatukselta sen takia, että jo mainittujen matalavaunujen kanssa asennus on helpompi tehdä taulusolussa. Ja EDGE-sähköjen tapauksessa niiden periaate hieman kärsisi jos niissä ei olisi letkuja valmiina, kun idea olisi saada mahdollisimman asennusvalmis tuote varastoon.

## 6.6 CID:n ja taajuusmuuttajien parametointi

CID:n parametointi ongelmia voitaisiin ainakin korjata huomattavasti helpommin jos sitä varten olisi kannettava tietokone tai vastaava nostinlinjalla. Myös lyhyt opastus parametoinnin tekemisestä asentajille saattaisi riittää korjaukseksi ongelmaan, ainakin siihen asti kunnes ongelmat vähenevät APT-ohjelman kanssa.

EDGE:n saaminen suunniteltuun muotoonsa poistaisi ongelmaa jossain määrin. Tarkoituksena olisi, että nostinlinjalla tehdään ensimmäinen ja ainoa parametointi sekä CID:ille että taajuusmuuttajille. Näin saadaan parametoinnin ajo siirrettyä linjalle sekä niiden viimeisimmät versiot varmasti käyttöön. Ne kun voivat muuttua esimerkiksi tilauksen muuttuessa ja vaihtaessa siirtomootoreiden tyyppiä, ja ongelma selviää vasta asiakkaalla kun siirtomootori joutuu oikean kuormituksen alle. Koeajossa siirtomootorin testaan tyhjänä pyörittämällä.

## 6.7 Suunnittelu tavoitettavaksi myös iltavuorossa

Iltavuorossa suunnittelun poissaolo haittaa monessakin työvaiheessa ja pisteessä tuotantoa. Sähköistyksen kannalta ajateltuna jos esimerkiksi epäselvyyttä löytyy sähkösuunnitelmissa, niin tietoa ei voi saada välittömästi, ja tuotteen valmistus keskeytyy. Sama ongelma esiintyy myös sillankaappien sekä taulujen testauksessa, jossa uusien kuvien tai muun tiedon tuloa joudutaan odottamaan seuraavaan vuoroon. Samat ongelmat estävät C-testauksen toimimisen kahdessa vuorossa, koska siellä suunnitteluun on oltava välitön yhteys testauksen aikana.

Ratkaisu ongelmaan on yksinkertaisesti saada suunnitteluun työntekijöitä myös iltavuoroon. Varmasti pelkästään asioiden selvittely yllä mainituista asioista riittäisi työllistämään henkilöt, ja muun ajan he voisivat tehdä normaalia työtään.

## 6.8 Tarjonnan yksinkertaistaminen ongelmien vähentämiseksi

Nostintyyppejä on variaatioineen huomattava määrä, mutta valtaosan tuotannosta kattaa muutamat nostimen perustyytit. Vaikka esimerkiksi EDGE-projekti tulee painottamaan muutamien perusmallien tuotantoa, pitäisi mielestäni Konecranesin uudelleen tarkastaa, olisiko tarjottavien mallien vähentäminen mahdollista tuotannon yksinkertaistamiseksi. Kyse on kuitenkin niin pienestä määrästä nostimia kokonaisuudesta, että niiden valmistamisen hyödyn suhde niiden aiheuttaman lisätyöhön tuotannossa vaikuttaa aika heikolta.

Erikoiset tilaustyöt pitäisi käsitellä selvästi eroteltuina muista tuotteista, jotta näiden poikkeavuus olisi jokaisessa tuotannon vaiheessa helposti huomattavissa. Tähän liittyen myös suunnittelun tuli aktiivisemmin käyttää ns. kommenttisivua havainnollistamaan asioita joita kyseisessä työssä tulisi huomioida.

## 6.9 Koteloiden koon vakiointi

Nostimen tilaongelmaankin liittyen voisi tarkistaa, mitä kustannuksia jokaisessa nostintyyppissä suurimman mahdollisen kokoisen kojekaapin käyttö aiheuttaisi. Hyötynä vakio kokoisista kaapeista saataisiin enemmän tilaa asennuksille sekä tuleville lisäkomponenteille. Tällöin esimerkiksi jonkin uuden ominaisuuden lisääminen nostimeen ei vaatisi koko kojekaapin uusimista. Taulun tekokin helpottuisi joiltain osin.

Vakiokokoisella kojekaapilla nostimen olisivat myös yhtenäisempiä ulkonäöllisesti. Toki suuri kaappi voi olla nostimen kokoon nähden suuren näköinen, mutta toisaalta sillan-kojekaappikin on nosturiin nähden monesti suuri.

## 6.10 Alihankkijoiden ohjeistus

Alihankkijoiden tuotteissa olevia virheitä pitäisi edelleen vähentää lisäämällä heidän ohjeistustaan. Tarjolla on jo aika kattava ohjeistus mitoituksiin, mutta vaikka sitä on tarjottu, ei se ole ilmeisesti joko päätynyt asentajille asti, tai sitten ohjeiden ymmärtämisessä on ollut vaikeuksia. Heiltä vaaditaan jatkuvasti monimutkaisempia ja eri ominaisuuksilla ja toimintatavoilla tehtyjä tuotteita, mutta ohjeistus niiden tekemisessä on

huomattavasti vaikeampi antaa kuin sähkölaitetehtaan sisällä Hämeenlinnassa, koska se pitää tapahtua paloittain ja ilman paikanpäällistä ohjeistusta. Esimerkiksi Konesko on jatkuvasti pyytänyt kyllä ohjeistusta uusien tuotteiden valmistamista varten, eli ongelma sijaitsee enemmän riittävän ohjeistuksen antamisessa ja sen päätymisessä tuotteen tekijälle.

Mitoitustaulukosta ei ole hyötyä, jos riittäviä tietoja nostimesta ei ole tarjolla. Nostinkuvan saanti pitäisi yhdessä muiden mekaanisten mittojen kanssa olla ainakin työkohtaisia tuotteita tekevillä alihankkijoilla aina saatavilla, ei vain erikseen pyydettyä. Lisääntyvässä määrin alihankkijat kuitenkin valmistavat näitä työkohtaisia töitä, joten ongelmat tämän suhteen tulevat helposti lisääntymään. Myös kommenttisivulle merkityt asiat jäävät usein saamatta alihankkijoilla, koska kyseinen sivu ei ole aina saatavilla.

Vaikka valtaosa pienistä asentajilta huomautusta saavista asioista esiintyy juuri alihankkijoiden tuotteissa, täytyy virheiden määrä osata suhteuttaa kuitenkin tuotteiden määrään. Prosentuaalisesti virheitä ei esiinny juuri enempää kuin HH6 tehtaan tuotteissa, mutta laskennallisesti niitä toki esiintyy enemmän. Tämä antaa helposti väärän kuvan tuotteiden laadusta, mutta ei poista sitä asiaa, että tuotannon ongelmia esiintyy määrällisesti suurimmaksi osaksi alihankkijoiden tuotteissa. Tämä taas johtaa helposti asentajien keskuudessa kielteiseen asenteeseen kyseisen alihankkijan tuotteita kohtaan. Toisaalta tämä ei ole pelkästään huono asia, koska lisääntyneellä virheiden etsinnällä saadaan kyseisiä potentiaalisia vian aiheuttajia karsittua.

Edellä mainittuihin asioihin kuuluu mm. löysät liitokset, perusrivien (ohjausjännite ja maadoitus) määrä, kourujen täyttö lyhentämättömillä johdinsarjoilla ja nippojen vääränlainen kiristys. Nämä ovat pieniä asioita, mutta niihin voidaan vaatia jatkossa parannusta.

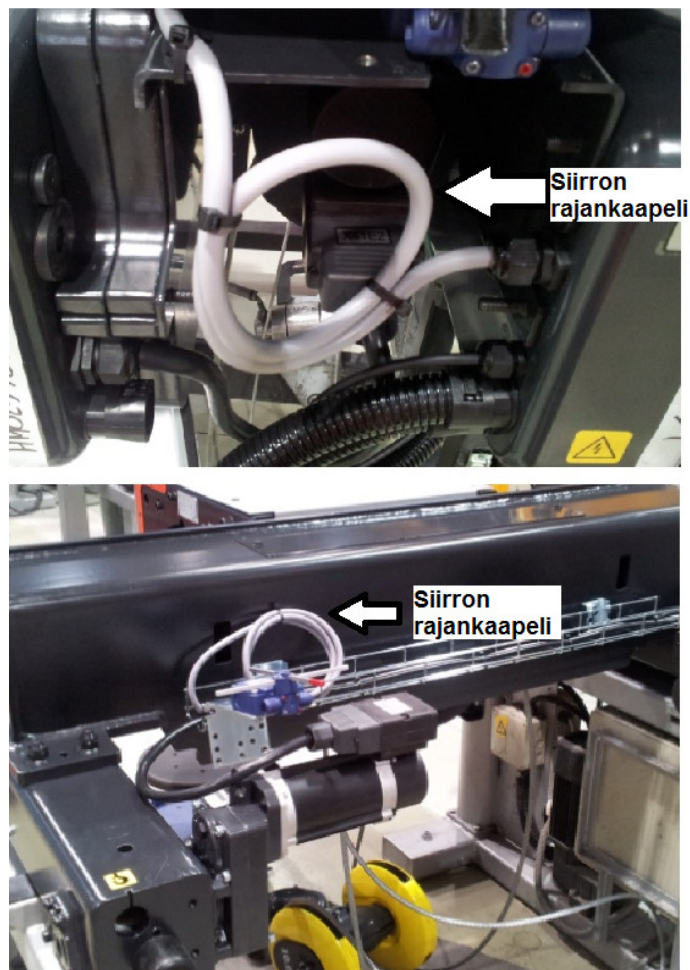
#### 6.11 Yksittäiset parannusehdotukset sähköistykseen

Yksittäisiä asioita joilla sähköistystä voitaisiin parantaa tuli työtä tehdessä mieleen ja tietoon paljon, mutta mielestäni kolme oleellisinta esitellään seuraavaksi. Muita vähäpätöisempiä asioita on jo käyty läpi työnjohdon kanssa, eikä niitä erikseen mainita.

### 6.11.1 Siirronrajakytkimen kaapelin mitoituksen tarpeellisuus

Siirronrajakytkimen kaapelin mitoitukseen, sekä mahdolliseen uudelleen kuorintaan käytetään joskus paljon aikaa. Useimmissa tapauksissa riittäisi vain reilu mitoitus ilman tarkempaa mitoittamista, koska asentajat kuitenkin saavat ja laittavat ylimääräisen johdon kiepille.

Tietynlainen kategoriointi olisi toki tehtävä, koska muuten jouduttaisiin pisimpien kaapelointivaatimusten takia käyttämään jatkuvasti suhteettoman pitkiä kaapeleita. Tarkan mitoituksen sijasta voisi olla muutama luokka, joka mittana käy kyseisen luokan nostimiin. Kuvassa 17 näkyy kuinka hyvin rajat saadaan kiepille.



Kuva 17. Kuva 1- sekä 2-palkillisen nostimen rajan kaapelista



### 6.11.2 Taulujen välisten johtimien merkintä ja holkittaminen

Käytetyt johtimet ovat monisäikeisiä johtimia, joita ei lähtökohtaisesti holkiteta. Kun johtimet kytketään ja irrotetaan testissä, sekä pujotetaan kurkkuletkun läpi nostinlinjalla, ne menevät huonoon kuntoon. Taulusolun asentajista osa holkittaa välijohdotimet, mutta suurin osa ei. Myöskään alihankkijat eivät holkita. Työtä tehdessä tapana oli suoristaa käsin kuparisäikeitä että kytkentä saatiin tehtyä, mutta tämä ei ole kytkennän luotettavuuden kannalta hyvä asia: kaikki säikeet eivät saa täyttä kontaktia. Holkitus ei juuri lisää työtä taulusolussa, mutta vaatii turhan työvaiheen nostinlinjalla. Ratkaisuna ohjeistus holkittaa taulujen väliset johtimet aina.

Tuleva kaapelimerkkien vaihdos tulee helpottamaan myös nostinlinjan asennusta varsinkin tapauksissa, jossa asentaja päätyy lyhentämään välijohdotusta. Mutta kaapelimerkkien putoaminen johtimista pitää estää nippusiteellä tai muulla tavalla.

### 6.11.3 QA ja QB matalavaunujen torvien ja valokennojen irrotus

QA- ja QB -runkoisien nostimien matalavaunullisten versioiden tapauksissa taulusolun asentaja voisi jättää taulun puoleisen pään kytkemättä, ja laittaa torven tai valokennot taulun mukaan. Tällöin turha availu ja asentaminen vältetään linjalla. Koska kyseiset komponentit ovat optioita, tulee taulusolussa asentajan kumminkin selvittää runko- ja vaunutyyppi, ja asia ei aiheuta muuten erityishuomiointia.

## 7 Yhteenveto

Tässä työssä oli tarkoituksena kartoittaa Konecranesin Hämeenlinnan nostintehtaan nostimien sähköistyksessä esiintyviä ongelmia. Tiedossa oli, että sähköosaston taulusolusta käydään jatkuvasti korjaamassa töitä nostinlinjalla, mutta mitkä olivat suurimmat ongelmat ja mitkä niitä aiheuttivat, oli epäselvää. Tarkoituksena oli saada selvyyttä näihin asioihin ja keksiä ratkaisuja ongelmiin.

Työn aikana huomattiin myös, että osa ongelmista saa alkunsa jo sähköosaston taulusolusta, sekä että siellä on muitakin valmistusta hankaloittavia ongelmia. Sen takia myös näihin asioihin kiinnitettiin työssä huomiota, jotta niihin voitaisiin myöhemmin kehittää parannuksia.

Työskentelemällä tuotannossa ja haastatteleamalla henkilöstöä sain selvitystä varten paljon tietoa. Ongelmien laajuus ja määrä yllätti, ja aluksi ehkä hieman suppealta tuntunut aihe meinasi muodostua jopa liian isoksi palaksi, ja joitakin rajoituksia oli tehtävä. On helppoa olla jälkiviisas, mutta tarkempi suunnitelmallisuus työtä tehdessä olisi helpottanut työn koostamista. Toisaalta aikatauluissa jäätiin hieman jälkeen tuotannon kiireiden takia ja soveltamista olisi jouduttu joka tapauksessa tekemään. Mutta yleensä kuitenkin haluttuun lopputulokseen työn eri vaiheissa silti päästiin.

Ohjaajani avulla sain helposti yhteyksiä myös muihin asiaan liittyviin henkilöihin, ja yrityksen avoimuus helpotti työntekoa myös. Koska tein tämän työn yrityksessä kirjoitusta myöten, pystyin jatkuvasti myös kirjoittaessani hakemaan vastausta epäselviin asioihin, sekä työn etenemistä pystyttiin seuraamaan ohjaajan kanssa jatkuvasti.

Tärkeimpänä ratkaisuna selvityksessä löydettyihin asioihin pidän toimintatapojen muutosta tuotannossa, koska taulujen saanti täysin virheettömäksi on lähes mahdotonta, tai ainakin kohtuuttoman vaikeaa. Tämä johtuu nostimien tauluille asettamien vaatimusten vaihtelevuudesta tapauskohtaisesti. Esimerkiksi vaunun siirronrajojen kaapeleita on vaikea saada mitoitettua valmiin taulukon avulla nykyistä paremmin, mutta toimintamallin muutos, jossa käytetäänkin aina ylimitoitettua kaapelia, ei tarvitsisikaan tarkempaa mitoitusta. Ja moottorin kurkkuletkujen aiheuttamien ongelmien poistaminen korvaamalla ne esimerkiksi kaapeleilla toisi taas omat ongelmansa, kun koko työvaiheen siir-

täminen nostinlinjalle muissa kuin selvissä tapauksissa poistaisi kokonaan epäselvyydet mitoituksessa.

Myös muuten sähköosastoa kuormittava ylimääräinen työ, oli se sitten avustusta epäselvissä tilanteissa tai sähkötaulujen pientä korjausta nostinlinjalla, voitaisiin siirtää pääosin nostinlinjan sisäisesti hoidettavaksi uusilla linjauksilla. Työssä esitelty malli, jossa avustajina toimivat sähköosaston henkilöstön sijaan muutaman asentajat nostinlinjalta, riittää selvittämään suurimman osan epäselvyyksistä. Aluksi yhdessä sähköosaston kanssa toimimalla avustaja oppii ajan kuluessa näkemään ja tunnistamaan ongelmakohdat, ja asiaan liittyvä erillinen koulutus voi olla melko pientä, osaamisesta riippuen sitä ei ehkä tarvita ollenkaan. Työskentely tutustumismielessä taulusolussa toisi myös omanlaistaan näkemystä ja osaamista korjata taulujen ongelmia.

Toki myös suurimpiin yksittäisiin ongelmiin ja niiden aiheuttajiin yritettiin työssä puuttua, jotta ne voitaisiin jatkossa välttää. Sivun 33 taulukon 1 perusteella voitiin nähdä suurimpien yksittäisten kirjattujen ongelmien olevan CID:in parametointi, kytkentävirheet ja siirtomoottoreiden kaapeleihin ja moottorin kurkkuletkuihin liittyvät ongelmat. Mutta kuten edellä mainittiin, nämäkin ovat osittain mahdotonta välttää, ja nostinlinjan asentaja pystyy nämä korjaamaan. KytKentävirheet ovat inhimillisiä, ja niin pitkään kuin ihmiset tekevät asennuksia niitä esiintyy.

Silti tärkeimpinä asioina taulusoluun virheiden välttämiseksi on riittävän ohjeistuksen ja tarvittavan informaation takaaminen tauluntekijöille, etenkin nostimen mekaaniselta osalta. Riittävä ohjeistus on oltava tarjolla myös alihankkijoita ja sopimusvalmistajia varten. Suunnittelussa on hyvä myös kiinnittää tarkempaa huomiota asioihin, jotka tauluntekijän tulisi valmistuksessa tietää, jotta nämä asiat eivät jää huomioimatta tuotannossa.

Loppuun voi asian kiteyttää niin, että nostinlinjalla tehdään nimenomaan sähkökäyttöisiä nostimia. Tämä tulee näkyä nostinlinjan asentajien sähköistysosaamisessa, ja siihen liittyen työssä mainittuja asioita voidaan heiltä vaatia.

## Lähteet

Aaltonen, Antti. 2008. Nosturin yhteiskäytön tuotteistaminen. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Heikkilä Vesa. 2009. Nippojen mitoitus. Word-dokumentti. Konecranes työohjeistus.

Konecranes Oyj. 2009b. Verkkodokumentti. Konecranes –Laitteet- Työpistenostotuotteet.  
<http://www.konecranes.fi/portal/fin/laitteet/tyopistenostotuotteet/seinakonsolinosturit/>.

Konecranes QIP ja FAT. 2013. Tuotantoa haittaavat sähköviat viikoittain Excel-dokumentti. Konecranes sisäinen verkko.

Konecranes. 10.11.09. Magneettiraja vaununsierrossa (TR20). Pdf-dokumentti. Yrityksen intranet.

Konecranes. 2010. Sähkökoulutus tuotannolle HH1. Pdf-dokumentti. Yrityksen intranet.

Konecranes. 2011. Vuosikertomus 2011. Pdf-dokumentti. Konecranes sisäinen verkko.

Konecranes. 2012. FAT-testaus. Pdf-dokumentti. Konecranes sisäinen verkko.

Konecranes. 2012. Letkujen mitoitus. Excel-dokumentti. Konecranes työohjeistus.

Konecranes. 2012. Vuosikertomus 2012. Pdf-dokumentti. Konecranes sisäinen verkko.

Konecranes. CXT köysinostimen käyttö- ja huolto-ohjeet. Pdf-dokumentti. Yrityksen intranet.

Perkiö, Anna. 2013. C-prosessin testaus 2013. Word-dokumentti. Konecranes sisäinen verkko.

Pietilä, Vesa-Pekka. 2012. Kustomointia vaativien teollisuusnostureiden toimitusprosessi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Puikkonen, Jarkko. 2010. Standard Crane Production Range 2010. Power Point-esitys.

# Taulusolun solupalaveri 27.03.2013

Osallistujat: Katja Kulmala, Iina Sulanen, Eija Lirkki, Mikael Myllynen, Otso Patjas, Tiina Roisko, Hannu Kopo, Marko Nurmimaa

## Tekeminen:

- Miksi meillä kytketään valokenno, kun se puretaan linjalla pois jos kaapeli menee aisa-putken sisällä?
- Leipälaatikon kahta ylintä nippaa ei voi käyttää jos QA-nostimen P-mitta on <120mm tai QC-nostimen P-mitta on <170mm. Näitä tapauksia on kuitenkin vain muutamia vuodessa, ja silloinkin pitää tulla kaikki optiot.
- Raudat irrotetaan torvista taulusolussa. Edgeihin tulee jo valmiina torvia ilman rautaa, saadaanko niitä myös muille tauluille?
- Alihankinnan taulujen kaapeleiden mitat usein liian lyhyitä ja teetättää meillä paljon korjauskeikkaa. -> Muistutettava että kaapeleiden mitta tarkoittaa taulunulkopuolista mitta, eikä kytkentään menevää mitta saa laskea mukaan.
- Aiemmassa edge-palaverissa on ollut puhetta että koukkurajan kaapeli ja jarruvastus-kaapeli kytkettäisiin meillä. Hannu löysi kuitenkin palaverimuistion, jossa on päätetty että ne menevät irrallaan, eli jatketaan kuten ennen? **Anna tarkentaa tätä**  
Mitä enemmän optioita roikkuu valmiina paikallaan, sitä enemmän se painaa, kotelot naarmuuntuvat, käsittely hankaloituu ja varmaankin asennus linjalla vaikeutuu.
- Iltavuorossa ei ole linjalle sähköjen osalta tukea, joten meiltä usein joku menee selvittämään ongelmia. Tähän pitäisi saada selkeyttä, kenen homma oikeastaan on. Kuumelma linjalla on ollut jotain sähköpuolen koulutusta, ehkä tuen tarve vähenee koulutuksen myötä?
- Mitä asioita linjalta saa tulla pyytämän meidän porukan tekemään? Nyt tehdään yhden riviliittimen lisäystä tms meidän toimesta.
- Maadoitussäännöt, miksi eri kuin kaappisolussa? -> ei ole eri, maadoituksen voi tehdä sisäisen johdotuksen mukaan. Joskus tulevat johdinpoikkipinta-alat on paksumia jänniteväliön vuoksi.
- Suunnittelu: Miksi E3-kuvissa ei näy J tai A numero (piirustusnumero)? Nyt se löytyy vaan tilausvahvistuksesta.
- Pliotex-merkintäohjeet. -> tulossa
- Siirtomoottorin kaapelin kytkentä? -> Nyt pitäisi olla valmiissa kaapeleissa värijärjestys oikein, ainakin edgen osalta. Muissa tapauksissa on kuvissa kerrottu, että mitä värejä kääntämällä pyörimissuunta vaihtuu, eikä kuvia tarvitse korjata kytkennän mukaan. Kytkentä vaihdetaan aina riveiltä, ei koskaan pistoke-päästä

- CID.n sarjanumeron lukeminen ei meinaa onnistua linjalla, nyt laitetaan sarjanumero näkyviin työmääräimeen. **Anna: Onko CID:ssä pian paremmat viivakooditarrat?**
- Miksi jenkkitaulujen vaiheet merkitään numeroilla, kaappisolussa ei merkata? -> Ei tarvitse merkata, tieto ei vaan ole mennyt taulun tekijöille
- Kun määrän pyytää kumikaapelia, tarvitseeko vaihtaa valmiista vastuksesta lämmönkestävä kaapeli kumikaapeliksi? -> Ei vaihdeta, mutta jos tehdään alusta asti se voidaan tehdä määräimen mukaan kumikaapelilla. Kumikaapelia on kuitenkin vaan kittisolussa.
- R-box vastuksen valmiit kokoonpanot, millä aika-työkalulla saadaan meille?
- Varastointi: Nyt haetaan paljon kaapeleita ja rajoja kittisolusta. Saataisiinko osaa meille varastoon?
- Kurkkuletkut on käytävä läpi ja muutettava paremmiksi. Nyt niitä lyhennellään paljon. **Hannu tai joku kesätyöntekijä hoitaa**
- TMV-työkaluihin letkut Hannulla selvityksessä
- Miten kurkkuletkujen reitit on määritetty linjalla? Esim. linjalta oli iltavuorossa pyydetty pidentämään letkua ja aamuvuorossa nostinta jatkanut oli tullut pyytämään letkun lyhentämistä.
- Basic ja standard-työkaluissa on ollut tähän asti erilaiset riviliitinmerkinnät. Nyt ne on yhdenäistetty ja muutoksen ajan kuvat on korjautettava Eilalla. Uudet työkalut merkattu keltaisella lapulla, ID on sama kuin ennenkin.

**Muuta:**

- Soluun jatkoroikka imurille
- Harja ja kihveli
- Ylimääräiseen pöytään lovi

Muutokset aina työnjohdon kautta, tai niistä on tiedotettava myös työnjohtoa. Kaikki muutokset kirjallisena, käytetään infotaulua!